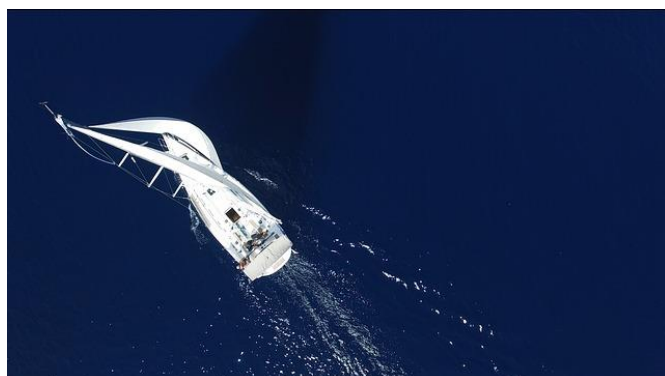


# Effets des biocides sur les organismes marins

Etat des lieux de la connaissance

Synthèse pour les gestionnaires et les usagers



*Juillet 2017*

Agence Française pour la Biodiversité – Stéphanie TACHOIRES  
EcoNav – Yveline BERREHOUC, Julian STONE, Sophie BOYER

# Effets des biocides sur les organismes marins

## Etats des lieux de la connaissance Synthèse pour les gestionnaires et les usagers

Juillet 2017

### Contenu

I.	Rôle des peintures antifouling.....	2
II.	Que sont les biocides ?.....	3
III.	Evaluer les impacts des peintures antifouling – les tests ecotoxicologiques.....	5
IV.	Point réglementaire.....	7
V.	Les impacts des biocides recherchés.....	8
	Le TBT .....	8
	Le cuivre .....	10
	Le Zinc et dérivés .....	12
	Les herbicides : Diuron et Irgarol .....	13
VI.	Conclusion .....	16

## Effets des biocides sur les organismes marins

### Etats des lieux de la connaissance - Définition d'éléments de langage

Le développement de salissures marines sur les coques de bateaux ou toutes autres structures immergées constitue un problème à la fois économique et écologique. La lutte contre ces développements passe généralement par des peintures antifouling à base de biocides qui représentent à la fois un coût important pour l'utilisateur et qui ont un impact néfaste pour le milieu marin.

#### I. Rôle des peintures antifouling

Une peinture antifouling permet d'empêcher le développement d'organismes marins sur la coque, ou salissures, qui induisent des effets négatifs sur la navigation et une dégradation de la coque avec :

- une surconsommation de combustible : en augmentant le poids du bateau et la résistance à l'eau, les salissures peuvent provoquer une surconsommation de carburant pouvant aller jusqu'à 40% ;
- une bio-corrosion qui altère la coque ;
- une augmentation des coûts de maintenance pour le nettoyage de la coque ;
- un risque d'introduction et/ou de diffusion d'espèces exotiques et invasives.

Ces peintures sont composées de :

- une matrice : qui contient les biocides (littéralement « tue la vie »).
- Un liant : qui a pour fonction de relarguer la matrice progressivement.

Du fait de leur composition et de leur teneur en biocide, ces peintures sont régulièrement remises en cause en raison de leur impact néfaste sur les écosystèmes marins.

*Plus d'information sur les différents types de peintures antifouling : « Cahier technique « Bateaux & Equipement », EcoNav, 2016 : <http://www.econav.org/bateaux>*

#### Référence :

**La chimie à l'assaut des biosalissures, Françoise Quiniou et Chantal Compère, IFREMER, 2006.**

**[https://wwz.ifremer.fr/rd\\_technologiques/content/download/83694/1047133/version/1/file/chimie-biosalissures-1.pdf](https://wwz.ifremer.fr/rd_technologiques/content/download/83694/1047133/version/1/file/chimie-biosalissures-1.pdf)**

## II. Que sont les biocides ?

Les produits biocides sont des substances ou des préparations destinées à détruire, repousser ou rendre inoffensifs les organismes « nuisibles », à en prévenir l'action ou à les combattre, par une action chimique ou biologique.

Selon l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail, ces produits de la vie courante regroupent les désinfectants ménagers, les insecticides et les autres produits visant à éliminer, détruire ou repousser des organismes jugés nuisibles (champignons, bactéries, virus, rongeurs, insectes...). La substance active présente dans le produit biocide peut être un composé chimique ou être issue d'un micro-organisme exerçant son action biocide sur ou contre les organismes nuisibles<sup>1</sup>.

### Référence :

**« Alternatives aux peintures antifouling – Ecotoxicité des principaux biocides contenus dans les peintures antifouling », Labocéa pour Nautisme en Finistère et le Conservatoire du Littoral Techniques, Décembre 2016.**

La consommation annuelle de ces produits sur les bateaux de plaisance est estimée à environ 0.4% de l'ensemble des agents biocides employés en France : agriculture (90%), traitement des façades, des eaux, des voies routières et ferroviaires (3%), du jardinage et autres (7%).<sup>2</sup> Mais son usage directement en contact avec le milieu marin induit un impact plus direct sur son écosystème.

### **Synthèse à destination des usagers : précisions**

*Les encadrés qui suivent ont pour fonction d'orienter la manière dont le sujet des antifoulings pourrait être présenté aux usagers. Il s'agit d'un premier niveau d'information destiné à attirer l'attention sur les dangers réels des biocides, sans rentrer dans un niveau de complexité et de vocabulaire spécifique trop important. Il s'agit de donner l'envie aux usagers d'en savoir plus, de creuser le sujet. Ainsi, un niveau d'explication plus poussé pourra être donné par le gestionnaire et s'appuyer sur des éléments concrets. Il s'agit de proposer des éléments de langage qui fait le lien entre de grands constats généraux (et moraux) et une réalité concrète de terrain faisant appel à des connaissances scientifiques rigoureuses.*

---

<sup>1</sup> <https://www.anses.fr/fr/content/les-produits-biocides>

<sup>2</sup> Nautix : <http://peinture.nautix.fr/reglementation-antifouling>

*Aux deux « couches » présentées ici, il manque bien entendu une troisième, constituée des éléments concrets, visuels et contextuels de l'étude de terrain en cours menée par « Nautisme 360 » sur la zone du parc naturel marin d'Iroise et le Conservatoire du littoral sur l'archipel de Chausey visant à tester des alternatives aux anti-fouling et à évaluer les avantages/inconvénients de chaque dispositif (dont une analyse en éco-toxicité des peintures testées) Ces derniers permettront de sortir du seul constat pour proposer des solutions concrètes.*

***Synthèse à destination des usagers :***

*Le principe des antifouling est d'empêcher que les organismes vivants (algues, petits crustacés...) se fixent sur la coque des bateaux et perturbent sa navigation. Les substances de la majorité des produits du commerce sont qualifiées de « biocide » (au sens littéral : bio = la vie, cide = tueur). Elles sont conçues pour détruire ou repousser les organismes marins qui se développent sur la coque des bateaux. Mais ces substances sont volatiles et se dispersent dans le milieu marin, en particulier au cours des premières semaines qui suivent la mise à l'eau de votre bateau. En se dispersant dans le milieu marin, elles vont donc exercer leur action au-delà de la coque, notamment sur les organismes marins.*

*Ces substances persistent longtemps dans l'eau et les sédiments. Certaines d'entre elles sont « bioaccumulable » : elles sont absorbées et concentrées par les organismes marins dans toute la chaîne alimentaire.*

*L'antifouling présente aussi un risque pour son utilisateur : solvants, résidus de ponçage sont nocifs pour la santé et ne doivent pas être respirés.*

### **III. Evaluer les impacts des peintures antifouling – les tests écotoxicologiques**

Pour évaluer le risque environnemental d'une substance, des « test écotoxicologiques » sont réalisés.

Un test écotoxicologique est un essai expérimental déterminant l'effet d'un ou de plusieurs produits sur un groupe d'organismes sélectionnés, dans des conditions bien définies (Keddy et al, 1994). Ces tests se basent sur différents moyens pour mesurer la toxicité d'un produit. Les effets biochimiques, physiologiques, reproductifs et comportementaux peuvent aussi apporter des mesures de la toxicité.

Cette évaluation se fait à partir de tests éco-toxicologiques en laboratoire sur des organismes vivants (algues, poissons, crustacés, etc.). Les tests d'écotoxicité sur le milieu aquatique sont réalisés soit sur la flore, principalement les algues et micro-algues, soit sur la faune ou la microfaune, c'est-à-dire sur le zooplancton, les crustacés, les poissons... ou encore sur des bactéries.

Les espèces sélectionnées pour ces tests sont choisies pour leur facilité d'élevage en laboratoire (bonne survie, bonne reproduction...), leur sensibilité aux polluants, leur représentativité... Elles sont appelées « espèces sentinelles ».

Les tests les plus fréquemment utilisés sont les tests mono-spécifiques, c'est-à-dire qui concernent l'évaluation de la toxicité d'un polluant sur un seul organisme.

Plusieurs concentrations du produit sont testées pour déterminer :

- La plus forte concentration à laquelle aucun effet n'est observé « NOEC : no effect concentration »,
- La concentration la plus faible à partir de laquelle on a observé un effet « LOEC : Low observed effect concentration »
- La concentration qui induit 50% d'effet « Concentration effective 50% » (ex : si l'on s'intéresse à la mortalité induite par la substance, cela peut être la concentration qui induit 50% de mortalité des larves de poissons).

Il existe deux types de toxicité :

- aiguë : c'est à dire une toxicité à court terme ;
- chronique : c'est à dire des effets à long terme du produit.

**Synthèse à destination des usagers :**

*Même si les effets des biocides résultants des activités de plaisance sont longtemps restés flous, ces derniers sont aujourd'hui mieux connus grâce à des études éco-toxicologiques réalisées en laboratoire sur des organismes vivants (algues, poissons, crustacés, etc.). Ces études montrent que sur les sites de fortes fréquentations de bateaux, les effets des biocides sur la vie marine sont indéniables. Ces effets peuvent être immédiats : décès, maladies... ou chroniques : maladies congénitales, malformations, etc. Ces effets locaux sont bien décrits, mais délicats à évaluer à l'échelle de l'écosystème, d'autant que ces dommages collatéraux à l'activité de plaisance, se conjuguent avec d'autres types de pollutions et d'impacts. Toutefois, l'utilisation de biocides conjugués aux pollutions générées par les autres activités aggravent ou fragilisent certains maillons des écosystèmes marins (faune et flore) et peuvent conduire à la raréfaction ou à la dégénérescence de certaines espèces (effet sur la reproduction par exemple).*

*Depuis peu, des solutions alternatives aux substances biocides sont proposées aux plaisanciers désireux d'utiliser des méthodes plus douces pour l'environnement : nettoyage mécanique, peinture sans biocide, bâches... Ces nouveaux dispositifs font actuellement l'objet d'une évaluation en situation réelle par Nautisme 360 dans le parc naturel marin d'Iroise et par le Conservatoire du Littoral sur l'archipel de Chausey, en partenariat avec l'Agence Française pour la Biodiversité, le réseau ECONAV et des laboratoires scientifiques. Les résultats de ces tests seront disponibles fin 2017/début 2018. Ils nous permettront d'informer de façon objective les plaisanciers sur les alternatives aux antifouling classiques existantes, sur la base d'un retour d'expérience d'usagers et d'investigations scientifiques.*

#### **IV. Point réglementaire**

Les substances actives et les produits biocides font l'objet d'un règlement européen : règlement (UE) n° 528/2012 du 22/05/12 concernant la mise à disposition sur le marché et l'utilisation des produits biocides.

L'objectif principal de cette réglementation est d'assurer un niveau de protection élevé de l'homme, des animaux et de l'environnement en limitant la mise sur le marché aux seuls produits biocides efficaces et ne présentant pas de risques inacceptables.

Chaque substance doit être évaluée avant d'être approuvée et inscrite sur une liste de l'Union des substances actives approuvée. Le produit biocide contenant la substance active approuvée doit ensuite faire l'objet d'une autorisation de mise à disposition sur le marché.

Actuellement, trois substances actives ont été évaluées et rejetées par la Commission Européenne : le diuron, l'irgarol et le chlorothalonil.

Neuf biocides sont approuvés et peuvent donc être utilisés dans les peintures, Tralopyril, DCOIT, Zineb, Médétomidine, Tolyfluanide, Cuivre pyrithione, Paillettes de cuivre, Oxyde de cuivre, Thiocyanate de cuivre

Deux molécules sont toujours en cours d'évaluation par un Etat membre de l'Union Européenne : Dichlofluanide et Zinc pyrithione.



## V. Les impacts des biocides recherchés

Au début des années 1980, des études mettent pour la première fois en évidence l'impact néfaste du TBT (tributylétain) pour l'environnement. Les études de l'effet de cette molécule ont particulièrement porté sur la zone du Bassin d'Arcachon.

Ces études d'impact ont conduit à des changements de réglementation<sup>3</sup>. Cependant peu de tests d'impacts sont aujourd'hui menés sur les biocides remplaçant le TBT.

### Le TBT

Le Bassin d'Arcachon a été particulièrement affecté par les perturbations liées à l'utilisation des peintures antisalissures à base d'organostanniques<sup>4</sup>, tels que le TBT (tributylétain).

En 2005, des travaux réalisés ont permis de montrer que les zones intertidales (espace côtier compris entre les limites extrêmes atteintes par la marée) et subtidales (zone située en deçà des variations du niveau de l'eau dues aux marées, et par conséquent toujours immergée) de l'intra bassin d'Arcachon comprenant les parcs à huîtres, les chenaux secondaires et les herbiers à zostères sont exempts de toute pollution par les composés organostanniques. Les zones portuaires sont les seules zones du bassin à être contaminées par ces composés avec des niveaux de pollution plus ou moins élevés selon les zones portuaires considérées, les ports de plaisance d'Arcachon et de Fontainevieille étant les ports les plus contaminés. La tendance générale de la contamination dans les sédiments portuaires est marquée par une nette prédominance du TBT qui a tendance à persister dans les sédiments.

L'influence du TBT sur la sexualité des mollusques gastéropodes a été mise en évidence dans plusieurs études depuis 1981. Il a ainsi été démontré que l'apparition de caractères génitaux mâles chez les femelles de plusieurs espèces de gastéropodes : *Nassarius obsoletu* et *Ocenebra erinacea*, phénomène connu sous le nom d'imposex, était liée à la présence de TBT dans le milieu.

Cette perturbation du sex-ratio<sup>5</sup> a donc des conséquences directes sur la reproduction des animaux marins et, par conséquent, sur la survie des espèces.

---

<sup>3</sup> La France a mis en place la première réglementation interdisant l'usage des peintures à base d'organoétains pour les bateaux de moins de 25 mètres (décret du 17 janvier 1981). Cette mesure a été reprise dans une Directive européenne puis par de nombreux pays, conduisant à la convention internationale de l'Organisation maritime internationale (OMI) sur le contrôle des produits antisalissures dangereux : interdiction d'appliquer des revêtements au TBT sur les navires à compter du 1er janvier 2003 ; puis, au 1er janvier 2008, élimination des revêtements contenant du TBT actif des navires.

<sup>4</sup> Un **organostannique** est un composé organique comportant au moins une liaison covalente entre un atome de carbone et un atome d'étain. Les organostanniques font partie de la grande famille chimique des *composés organométalliques* dont une grande partie est toxique.

### Référence

« Tributyltin compounds induce male characteristics on female mud snails, *Nassarius obsoletus* = *Ilyanassa obsoleta* », BS. Smith, 1981.

« Induction expérimentale par un polluant marin, le tributylétain de l'activité neuro endocrine contrôlant la morphogenèse du pénis chez les femelles d'*Ocenebra erinacea*, Mollusque, Prosobranchie gonochorique », C. Féral, S. Le Gall, 1982.

« Worldwide occurrence and effects of antifouling paint booster biocides in the aquatic environment », I.K. Konstantinou, T.A. Albanis, 2004.

« Biogéochimie et enregistrement des composés organostanniques dans les sédiments du Bassin d'Arcachon », Christelle Benoit, Université Bordeaux I Ecole Doctorale Sciences du Vivant, Géosciences et Sciences de l'Environnement, 2005.

En France, les résultats du projet européen ACE 1998-2002 (« Assessment of Anti-fouling Agents in Coastal Environments»<sup>6</sup>) indiquent qu'en plus des dérivés du cuivre (oxydes et thiocyanates), qui représentent 75% des biocides, les principales molécules employées dans les antifouling (et retrouvées dans l'environnement) sont le diuron, le zinc pyrithione, le chlorothalonil, le dichlofluanide et l'Irgarol.

#### ***Synthèse à destination des usagers :***

*Le milieu marin le mieux étudié en France concernant l'impact des biocides est sans doute le Bassin d'Arcachon. Les effets du TBT (tributylétain), longtemps utilisé comme biocide dans les antifouling et aujourd'hui interdit, sont indéniables. Ils concernent par exemple des malformations congénitales chez certains coquillages, lesquels entraînent une masculinisation des espèces. C'est dans les ports les plus actifs du Bassin que la plus grande concentration a été retrouvée, ce qui confirme bien que les ports et en particulier les ports structurants, sont les zones de relargage et de concentration de biocides.*

---

<sup>5</sup> Sex ratio : rapport du nombre de mâles et de femelles au sein d'une espèce à reproduction sexuée, pour une génération, ou dans la descendance d'un individu.

<sup>6</sup> [http://www.epd.gov.hk/eia/register/report/eiareport/eia\\_1262006/eia\\_report/pdf/APP%203C.pdf](http://www.epd.gov.hk/eia/register/report/eiareport/eia_1262006/eia_report/pdf/APP%203C.pdf)

## Le cuivre

Depuis l'interdiction du TBT, le cuivre est devenu la principale substance active biocide employée. Cependant, les ions  $\text{Cu}^{2+}$ , peu solubles dans l'eau et non lipophiles<sup>7</sup>, peuvent se lier à la matière organique ou aux matières en suspension et s'accumuler dans les sédiments, ou avoir un effet synergique avec les « co-biocides » employés dans les peintures, ce qui induit un risque d'augmentation des concentrations dans les sédiments.

### Référence

**« Alternative antifouling biocides », N. Voulvoulis, M.D. Scrimshaw, J.N. Lester, 1999.**

En 2016, une étude de Perrine Gamain, chercheuse à l'Université de Bordeaux, a confirmé une tendance à l'augmentation du cuivre dans le bassin d'Arcachon. Ses travaux ont analysé l'impact des polluants et du changement climatique sur la reproduction et le développement de l'huître. Le cuivre y est largement cité : « Les concentrations présentes dans le bassin ne cessent de croître dans la colonne d'eau et les concentrations de ce métal dans la matrice<sup>8</sup> d'huître sont en nette augmentation depuis des années ». Le fond du bassin affiche donc des teneurs en contaminants élevées. Sur leur origine, plusieurs pistes sont indiquées par les scientifiques : les peintures antisalissure des bateaux et les pesticides agricoles utilisés sur le bassin versant de la Leyre.

Cette contamination peut induire des anomalies du développement et perturber le cycle de reproduction des populations sauvages et cultivées des huîtres du bassin d'Arcachon.

Enfin, les chercheurs du CNRS/IFREMER (2014) précisent également que l'augmentation du cuivre serait l'une des causes de la régression des herbiers de zostère, observée depuis une petite dizaine d'années : « *les fortes températures exacerbent l'effet des contaminants, aussi bien du cuivre que du cocktail de pesticides seuls ou présents conjointement. Les conséquences sont une inhibition de la croissance des zostères naines mais aussi une modification de l'expression génétique* ».

### Référence

**« Impact des polluants et du changement climatique sur les capacités de reproduction et le développement embryonnaire-larvaire de l'huître creuse dans le bassin d'Arcachon », Perrine Gamain, Université Bordeaux 1 – UMR Epec. 2016.**

---

<sup>7</sup> **Lipophile** : solubles dans un corps gras mais insoluble dans l'eau

<sup>8</sup> La **matrice** est composée de molécules organiques et constitue le support tridimensionnel des cristaux minéraux constituant la coquille

**« Etude écotoxicologique de l'impact d'un cocktail de pesticides et du cuivre sur les herbiers de *Zostera noltei* du Bassin d'Arcachon » - Gonzalez Patrice, Gamain Perrine, Feurtet-Mazel Agnès, Maury-Brachet Régine, Auby Isabelle, Belles Angel, Budzinski Hélène Université de Bordeaux, EPOC, UMR CNRS 5805, F-33120 Arcachon, France. CNRS, EPOC, UMR 5805, F-33120 Arcachon, France. Mai 2014.**

L'exposition au cuivre dans le milieu marin est également une source de stress physiologique et transcriptomique<sup>9</sup> pour les organismes vivant dans les écosystèmes côtiers. Ainsi, plusieurs fonctions essentielles sont perturbées :

- Le maintien des concentrations intracellulaires des éléments vitaux tels que les éléments traces ou les protéines essentielles (homéostasie).
- Les défenses immunitaires contre les agressions des organismes extérieurs (virus, bactéries, parasites).
- Le métabolisme énergétique, la reproduction, la respiration cellulaire, l'expression de gènes et de l'inhibition fonctionnelle des protéines.

### **Référence**

**« Réponse transcriptomique et cellulaire de l'ormeau rouge *Haliotis rufescens*, cultivé en éclosérie industrielle face aux stress métalliques et aux pathogènes : rôle des probiotiques dans la survie des organismes », Thèse Université de Bretagne Occidentale, Fernando Silva Aciaras, 2014.**

[https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01089606/file/These-2013-EDSM-Oceanographie\\_biologique-SILVA\\_ACIARES\\_Fernando.pdf](https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01089606/file/These-2013-EDSM-Oceanographie_biologique-SILVA_ACIARES_Fernando.pdf)

Les peintures à base de cuivre présentent l'avantage d'être des peintures érodables, favorisant la lixiviation du cuivre (son relargage dans le milieu) et celle d'autres composants biocides des antifouling, ce qui allonge leur durée d'efficacité. Aujourd'hui les peintures aux cuivres affichent des durées de vie jusqu'à 5 ans.

Si plusieurs études ont démontré l'impact du cuivre à forte dose, il est plus difficile de prouver les effets des dérivés de cuivre (Cuivre pyrithione ; Paillettes de cuivre ; Oxyde de cuivre ; Thiocyanate de cuivre) par manque d'études.

---

<sup>9</sup> La **transcriptomique** : étude de l'ensemble des ARN messagers (l'ARN ou acide ribonucléique messenger est une copie transitoire d'une portion de l'ADN correspondant à un ou plusieurs gènes) produits lors du processus de transcription d'un génome. Elle repose sur la quantification systématique de ces ARNm, ce qui permet d'avoir une indication relative du taux de transcription de différents gènes dans des conditions données.

Cependant, il est important de noter que le cuivre et ses dérivés sont des substances actives et font partie intégrante du règlement « biocide » Européen (règlement (UE) n° 528/2012 du 22/05/12). Même si le cuivre est un élément naturel, il n'en demeure pas moins impactant.

**Synthèse à destination des usagers :**

*Peu à peu, la prise de conscience de l'effet néfaste de l'utilisation de certaines substances sur les milieux naturels conduit les pouvoirs publics à en interdire l'usage. C'est le cas du TBT, interdit depuis 1981 dans les antifouling, remplacé par d'autres biocides qui font l'objet d'une évaluation de leur toxicité avant leur mise sur le marché.*

*Cependant, des études menées dans le bassin d'Arcachon ont montré que le cuivre, biocide actuellement majoritaire dans les antifouling, s'accumulait en proportion préoccupante dans la colonne d'eau et dans les sédiments, et que l'on pouvait déjà repérer son impact sur des populations d'huîtres : baisse des défenses immunitaires, problèmes de métabolisme... Des chercheurs de l'IFREMER avancent aujourd'hui dans leurs résultats de recherche que les fortes concentrations de cuivre sont en outre co-responsables du recul des herbiers de zostères. Or, ces herbiers sont d'une grande valeur écologique : ils servent de zones de refuge, de zones de nourriceries et de lieux de pontes pour un grand nombre d'espèces sous-marines. Il convient de préserver cet écosystème marin, comme tant d'autres, pour les services rendus en termes économiques, sociaux et environnementaux.*

*Ainsi, si les substances actives autorisées aujourd'hui par la réglementation européenne, apparaissent comme peu nocives pour les écosystèmes aquatiques, elles peuvent toutefois altérer les milieux naturels en cas de forte concentration, conjuguées à d'autres contaminants ou dans des conditions climatiques particulières (les études ont montré que les fortes températures exacerbent les effets du cuivre, notamment dans l'inhibition de la croissance des zostères).*

*C'est pourquoi rechercher, tester, comparer et proposer des solutions alternatives aux antifouling « classiques », nous semble aujourd'hui nécessaire pour contribuer à la préservation de nos milieux naturels sous-marins.*

## **Le Zinc et dérivés**

En dehors des oxydes de cuivre, les dérivés du zinc - les oxydes de zinc (Zn II) et plus particulièrement le zinc pyrithione - sont également utilisés comme agent antifongique et antibactérien afin de limiter la croissance d'algues et d'autres organismes marins.

Le Pyrithione de zinc a une faible solubilité dans l'eau, c'est pourquoi il est intéressant de l'utiliser dans les peintures anti-salissures. Cette molécule est actuellement en cours d'évaluation dans le cadre du règlement sur les produits biocides (règlement (UE) n° 528/2012).

A noter que L'Agence de la Protection de l'Environnement du Gouvernement de la Nouvelle Zélande a reporté que le cuivre et le zinc sont les biocides présentant la plus forte concentration prédite sans effet. Ce serait donc des biocides sans effet néfaste pour l'environnement dès lors que la concentration maximale (prédite) n'est pas dépassée. Or, dans certains zones telles que les ports de plaisance, les concentrations sont supérieures aux concentrations prévues sans effet.

### Référence

**« Antifouling paints resesement, Environmental protection Authority », Gouvernement de Nouvelle Zélande, juin 2012. [http://www.epa.govt.nz/publications/epa\\_annual\\_report\\_2012.pdf](http://www.epa.govt.nz/publications/epa_annual_report_2012.pdf)**

### **Les herbicides : Diuron et Irgarol**

Afin de renforcer l'efficacité du cuivre pour empêcher la fixation de certaines algues vertes sur les coques, des industriels ont travaillé à incorporer comme co-biocides d'autres composés organiques de synthèse, généralement employés en agriculture (pesticides, herbicides...).

Pourtant dès 1995, des études montrent que les pesticides ont des effets néfastes sur la faune et la flore aquatiques.

Les effets de ces deux composés ont été étudiés, seuls et en mélange, sur une espèce de phytoplancton marin, *Chaetoceros calcitrans*.

### Référence

**« Impact de deux antifouling, l'irgarol 1051 et le diuron, sur la physiologie d'une diatomée marine *Chaetoceros calcitrans* », N. Coquillé ; V. Dupraz ; D. Ménard ; S. Morin ; E. Parlanti ; S. Stachowski Haberkorn, IRSTEA Bordeaux ; IFREMER Nantes ; 2015**

**« Synthèse bibliographique concernant la toxicité et l'écotoxicité de 28 pesticides en milieux aquatiques et dulcicoles », rapport de DESS, Service Rade de Brest CUIB, Université de Caen et Rouen, Gwenaël Cadour, septembre 1995.**

L'irgarol et le diuron sont les pesticides les plus utilisées dans les peintures antifouling. Ce sont des herbicides inhibiteurs de la photosynthèse dont les caractéristiques les rendent peu recommandables pour l'environnement (hydrosolubles et peu biodégradables). Leur fonction est de prévenir la fixation des macroalgues sur la coque des navires, et elles agissent en inhibant la

photosynthèse par blocage du transport d'électron. Cependant ces produits atteignent également le phytoplancton.

Les études réalisées par l'IFREMER et l'Université de Bordeaux ont rapporté des concentrations non négligeables de diuron et d'irgarol dans les eaux du Bassin d'Arcachon. Bien que de nombreuses études récentes soient consacrées à la détermination de ces antifouling dans l'environnement marin, il n'existe actuellement que très peu de données écotoxicologiques disponibles sur ces composés depuis 2008.

#### **Référence**

**« Impact potentiel des activités - nautiques sur la qualité des eaux du Bassin d'Arcachon »,**

**Rapport présenté à la demande du Groupe de Travail « Plaisance et Environnement » mis en place par M. le Sous-Préfet d'Arcachon dans le cadre du suivi du SMVM du Bassin d'Arcachon, UNIVERSITE de Bordeaux I - IFREMER Laboratoire Environnement et Ressources, Arcachon, 2008**

[http://www.sepanso.org/gironde/IMG/pdf/texte\\_nautisme\\_final.pdf](http://www.sepanso.org/gironde/IMG/pdf/texte_nautisme_final.pdf)

Le diuron et de l'irigol auraient pour effets observés la limitation de la croissance algale (taux de croissance et taille cellulaire). A noter que l'irgarol est également susceptible de s'accumuler dans les sédiments.

Ces deux produits peuvent être rencontrés dans le milieu naturel à dose suffisamment élevée pour produire un effet sur les algues planctoniques.

#### **Référence**

**« Effet des toxiques du Diuron et de l'Irgarol 1051 sur la diatomée marine *Chaetoceros gracili* ; Steffie Suaren », Geneviève Arzul, Gaël Durand et Dorothée Hureau.**

[http://www.ifremer.fr/pollution/content/download/31847/437618/file/poster\\_GFP\\_05\\_Champs\\_sur\\_marne.pdf](http://www.ifremer.fr/pollution/content/download/31847/437618/file/poster_GFP_05_Champs_sur_marne.pdf)

***Synthèse à destination des usagers :***

*Les industriels se sont aperçus que l'efficacité limitée du cuivre pouvait être renforcée par un co-biocide. Cependant, des recherches ont pu rapidement montrer que l'Irgarol et le Diuron, deux pesticides très utilisés par les fabricants d'antifouling, avaient des effets néfastes sur les fonctions de photosynthèse du phytoplancton, nourriture de base essentielle pour la vie marine et responsable pour 50% environ de la production de l'oxygène planétaire.*

*Ces deux molécules ont été interdites par la Commission Européenne, mais nous avons peu de recul sur les produits actuellement autorisés qui les remplacent, les études en écotoxicologie restent limitées.*

*Ainsi, la réglementation Européenne a permis ces dernières années de limiter l'utilisation de molécules reconnues nocives pour l'environnement et la biodiversité. Craignant cependant que les molécules de substitution se révèlent également nocives à terme, l'utilisation d'alternatives au antifouling, exempts de biocides, nous semble une solution d'avenir. Ces alternatives font actuellement l'objet d'une étude sur les sites du Parc Naturel Marin d'Iroise et de l'archipel du Chausey, afin d'évaluer leur efficacité et leur innocuité.*



## VI. Conclusion

La réglementation Européenne a prononcé l'interdiction de plusieurs molécules (TBT, diuron, irgarol) utilisées dans les antifouling suite au constat de leur nocivité sur les milieux naturels sous-marins et la santé. C'est une évolution positive pour une meilleure maîtrise de la pollution de l'environnement marin, mais le remplacement des substances interdites par des molécules de substitution, dont les effets sont encore mal connus, demeure préoccupant.

En effet à ce jour, peu d'études précises sont menées sur les substances telles que le cuivre et le zinc, régulièrement utilisées dans les peintures actuelles. Il a cependant été démontré que ces molécules peuvent être nocives sur la vie sous-marine dans certaines conditions (forte concentration, interaction avec d'autres substances, températures élevées).

Ainsi, l'article R522-39 du Code de l'Environnement précise que *“La publicité pour un produit biocide ne peut en aucun cas porter les mentions : « **Produit biocide à faible risque** » « **non toxique** », « **ne nuit pas à la santé** » ou toute autre indication similaire. La référence à un produit biocide ne doit pas être de nature à induire en erreur quant aux risques du produit pour l'homme ou l'environnement.*

Dans ce cadre, il nous semble important de mettre en place rapidement des alternatives à ces substances pour lutter contre le fouling des navires, exempts de biocides et de pesticides et pour lesquels aucun doute ne subsistera quant à leur nocivité.

### Référence

**Emerging lessons from ecosystems - Booster biocide antifouling: is history repeating itself?, Andrew R. G. Price et James W. Readman, 2013**

<http://www.eea.europa.eu/publications/late-lessons-2/part-b-emerging-lessons-from-ecosystems>