

# TOXICITÉ AIGUË ET EFFETS SUBLÉTAUX, APRÈS UNE COURTE EXPOSITION, DE DIFFÉRENTS NONYLPHÉNOLS POLYÉTHOXYLÉS SUR LA CIVELLE

Laurence MIOSSEC et Gilles BOCQUÉNÉ

IFREMER - Laboratoire Effets biologiques des Nuisances,  
BP. 1049 - 44037 Nantes Cedex 01, France.

## Abstract

ACUTE TOXICITY AND SUBLETHAL EFFECTS, AFTER A SHORT EXPOSURE, OF SOME POLYETHOXYLATED NONYL-PHENOLS TO ELVERS.

The non-ionic surfactant group, polyethoxylated nonylphenols, show a toxicity to elvers in inverse relation to the number of ethylene oxide groups in the molecule. Their short term effects on elvers' gills include much tissue disorganisation and destruction.

## Résumé

Les nonylphénols éthoxylés, tensio-actifs non-ioniques, présentent une toxicité inversement proportionnelle au nombre de molécules d'oxyéthylène qu'ils comportent. Leurs effets, à court terme, sur la branchie de civelle, montrent de nombreuses désorganisations tissulaires.

## Introduction.

Les tensio-actifs non-ioniques sont des produits faiblement moussants et des émulsifiants efficaces, de ce fait on les retrouve largement utilisés dans les domaines les plus vastes : du simple détergent ménager au plus puissant nettoyant industriel. Associés à différents types de solvants, ils sont les principaux constituants d'une large gamme de produits destinés à la lutte contre les pollutions par hydrocarbures. Les nonylphénols (NP) éthoxylés représentent une part importante de la production de tensio-actifs non ioniques. Celle-ci n'a cessé d'augmenter aux U.S.A. depuis le milieu des années 1970 au détriment des tensio-actifs anioniques pour atteindre 500 000 tonnes en 1975 (MCKENZIE, 1978).

Les nonylphénols sont formés d'une chaîne hydrocarbonée saturée ou faiblement insaturée sur laquelle sont fixés un ou plusieurs groupements polaires d'oxyéthylène. Ces produits, du fait de la variation de leur chaîne polyéthoxylique, offrent une gamme de tensio-actifs possédant un rapport hydrophile/lipophile (HLB) variable, donc des pouvoirs émulsionnants et des capacités de solubilité différents (LANG, 1975). De manière générale, on admet qu'un nonylphénol comprenant de 1 à 4 molécules d'oxyéthylène (NP1 à NP4) est insoluble dans l'eau, que le passage à 5 ou 6 molécules (NP5/NP6) permet une relative dispersion et qu'à partir de 7 molécules d'oxyéthylène (NP7 - NP40 et plus) le produit est totalement soluble (MCKENZIE, 1978). Au cours de ce travail, nous avons cherché à préciser leur toxicité à court terme sur la post-larve d'anguille (*Anguilla anguilla*), en premier lieu en déterminant la concentration létale CL50 de plusieurs nonylphénols, comportant un nombre croissant d'oxyéthylènes, puis en observant sur les survivants les effets histopathologiques de ces produits au niveau de l'appareil branchial.

## Matériel et méthodes.

### La civelle, organisme-test.

La post-larve d'anguille (*Anguilla anguilla*, L. 1758) ou civelle est depuis plusieurs années, de même que la crevette grise, l'objet de tests d'homologation des dispersants pétroliers en France, sa sensibilité aux

toxiques, et particulièrement aux tensio-actifs, a été maintes fois observée (homologation des dispersants pétroliers - Anonyme, 1977).

De novembre à avril, les civelles sont disponibles en viviers, chez plusieurs mareyeurs de la côte Atlantique (Saint-Nazaire). Cette période correspond à la migration anadrome de l'espèce en estuaire de Loire et donc à sa période de pêche. Chaque semaine, un lot d'environ 600 individus est rapporté au laboratoire où il est mis en stabulation dans un bac de 600 litres d'eau de mer réfrigérée à 12 °C (température de la Loire au moment de la capture). L'eau est recyclée sur un système de filtration à mousse de polyéther. Celui-ci permet la minéralisation rapide des composés azotés organiques par les bactéries nitrifiantes présentes dans la mousse ; les produits intermédiaires toxiques n'apparaissent plus alors qu'à l'état de traces. Une partie des animaux ainsi conservés, après une période d'adaptation de 8 jours, est transférée dans un aquarium de 200 l dont la filtration est de même type que précédemment. Cet aquarium est situé dans le laboratoire où ont lieu les tests létaux.

	Concentrations testées en mg/l				
NP 5	0,5	0,75	1,0	1,5	
NP 8	2	2,5	3	3,5	
NP 10	2	3	4	5	
NP 12	6	8	10	14	
NP 17	70	80	90	120	
NP 20	600	700	800	1 000	
NP 30	3 000	5 000	6 000	8 000	10 000

TABL. I. — Concentrations testées pour chaque nonylphénol.  
Used concentrations for each nonylphénol.

Pour assurer l'homogénéité du lot de civelles testées, nous avons sélectionné un stade post-larvaire et utilisé uniquement des individus à ce stade, défini d'après les travaux d'ELIE (1979), et ELIE *et al.* (1982). La majorité des civelles testées présentait les caractères du stade VI A 2 : mélanisation de la zone céphalique et des branchiostèges, pigmentation dorso-latérale entre la nageoire dorsale et l'anus, mélanisation profonde le long des viscères, pigmentation ventro-latérale atteignant la moitié de la région caudale et pigmentation de la ligne médio-latérale dépassant l'anus. Ce stade correspond au tout début de l'alimentation de la post-larve, sa taille moyenne est alors de 70,7 mm (ELIE, 1979).

### Conditions expérimentales.

Après détermination du stade post-larvaire, les animaux du stade VI A 2 sont regroupés par lots de 10 dans des cristallisoirs de 3 litres d'eau de mer. La salinité et la température de l'eau de mer utilisée restent identiques d'une manipulation à l'autre :  $33 \cdot 10^{-3}$  et environ 12 °C.

La CL50 est la concentration en produit toxique entraînant la mort de la moitié des individus testés. Cette donnée est étroitement liée à une durée d'exposition. La technique, mise en œuvre ici, est basée sur celle utilisée pour l'homologation des dispersants pétroliers (Anonyme, 1977) : les individus testés sont exposés pendant 24 heures aux produits toxiques puis suivis pendant 24 heures supplémentaires en eau de mer dépourvue de polluant. Les conditions de salinité et de température sont identiques en début et en fin d'expérience afin de limiter les stress induits par ce changement de milieu. Les mortalités sont relevées à 24 heures et 48 heures — la civelle est considérée morte si aucune réaction n'est décelable après une légère stimulation mécanique — seules les mortalités 48 heures sont prises en compte dans le calcul de la CL50. Celle-ci est déterminée mathématiquement par la méthode statistique des probits de BLISS (1938).

Cette méthodologie conduit à une notion de CL50 — 48 h de type particulier, il s'agit plus précisément d'une CL50 — 24 h d'exposition + 24 h de récupération.

Pour cette étude, nous avons retenu les nonylphénols suivants : NP5 - NP8 - NP12 - NP17 - NP20 et NP30 qui présentent une solubilité satisfaisante et couvrent une gamme de HLB croissants. Ces produits purs nous ont été fournis par la S.F.O.S. Dans un premier temps, des tests préliminaires (screening) permettent, pour chaque NP, de resserrer la gamme de concentrations encadrant la CL50. Le test définitif est réalisé sur 15 lots de 10 civelles, chacune des quatre concentrations testées (tabl. 1) étant reproduite trois fois, tandis que trois lots d'animaux placés dans des bacs exempts de polluant servent de témoins. Un agitateur à hélice (150 t/mn) assure par brassage l'oxygénation du milieu d'expérience ainsi que la répartition homogène du tensio-actif dans la colonne d'eau, sans pour autant léser les civelles.

Les animaux ne sont pas nourris pendant la durée de l'expérience.

Les paramètres physico-chimiques ont été contrôlés pour chaque test (tabl. 2). Compte tenu de la température et du pH, la proportion d'ammoniaque moléculaire, forme toxique, est faible. Il en est de même pour les nitrites ( 0,1 mg/l). La bonne survie des témoins, au cours des expériences, atteste de la qualité du milieu d'expérience puisque sur 210 animaux testés, nous n'avons enregistré que 2 décès imputables à un arrêt d'agitation du milieu. Pendant les expériences, le pourcentage de saturation en oxygène a toujours été supérieur à 90 %.

Avant chaque expérience, des dosages sont réalisés dans chaque cristalliseur contenant des nonylphénols. La méthode utilisée est celle de MILWIDSKY (1969) basée sur la spectrophotométrie du complexe de coloration bleue formé entre les oxydes d'éthylène et une solution de cobalthiocyanate d'ammonium ; l'intensité de la coloration est mesurée à 625 nm. Cette méthode s'utilise telle quelle pour les teneurs en nonylphénols supérieures à 50 mg/l, dans le cas contraire une étape de concentration s'impose (BOYER *et al.*, 1977). Les échantillons nécessitant une phase de concentration préalable ont été analysés au Laboratoire Biotechnique et Environnement de l'Institut français du Pétrole (Rueil-Malmaison). Pour les autres, les dosages ont été réalisés par nous-mêmes. Les pourcentages moyens d'écart positifs ou négatifs entre valeurs mesurées et valeurs théoriques étaient de l'ordre de 25 %. Ceci peut s'expliquer par une verrerie insuffisamment nettoyée et contenant des traces de détergent, la présence d'eau au cours du dosage colorimétrique et également des phénomènes d'adsorption sur les parois des cristalliseurs.

### Etude histologique.

En fin de test (48 h), les animaux survivants sont sacrifiés en vue d'une étude histologique des branchies. La tête des civelles est sectionnée et fixée dans du liquide de Bouin. Après déshydratation et inclusion dans la paraffine, les blocs sont coupés à 5  $\mu$ m d'épaisseur. Les coupes obtenues sont colorées par la méthode au PAS — Bleu Alcian — Van Gieson, coloration topographique mettant en évidence les cellules à mucus.

*Remarque :* Nous avons décrit, dans cette étude, les phénomènes les plus spectaculaires et les plus constants observés sur les coupes, sans faire pour chacune un examen très approfondi. Cela tient au fait que nous avons travaillé sur les survivants dont le nombre était différent d'une expérience à l'autre. Ceci explique que nous

avons fait un bilan pathologique, pas toujours exhaustif, pour les nonylphénols les uns par rapport aux autres mais pas, dans le cas d'un même nonylphénol, pour les concentrations les unes par rapport aux autres. De plus, il faut préciser que, dans quelques cas, nous avons enregistré des modifications pathologiques de l'épithélium branchial sur des coupes-témoins. Ces civelles étaient apparemment saines en fin d'expérience. Celles-ci ont pu rencontrer des conditions de stress avant ou au moment de leur capture, induisant ces phénomènes.

		NP 5	NP 8	NP 10	NP 12	NP 17	NP 20
NO <sub>2</sub> en mg/l		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
pH		7,92	7,78	7,89	7,95	7,84	7,90
oxygène en ml/l et (%) pourcentage de saturation	à t <sub>0</sub>	5,9 (97,8)	5,7 (93,5)	5,6 (94,3)	5,7 (94,2)	5,9 (95,6)	5,8 (97,6)
	à t <sub>0</sub> + 24 h	5,7 (94,5)	6,3 (103,8)	5,6 (94,8)	5,6 (92,9)	5,7 (93,3)	5,7 (96,0)
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> $\mu$ atg/l	à t <sub>0</sub>	—	0,77	0,55	0,09	0,11	—
	à t <sub>0</sub> + 24 h	—	1,51	2,05	0,11	0,21	—

TABLE. 2. — Valeurs des différents paramètres physico-chimiques de l'eau de mer pour chaque nonylphénol testé.

*Physical-chemical factors in nonylphenol bioassays.*

## Résultats.

### Toxicité aiguë.

Le tableau 3 regroupe les valeurs de CL50 en fonction du nombre de groupements oxyéthylène et de la HLB de chacun des nonylphénols. Il apparaît de manière évidente que la toxicité des nonylphénols est inversement proportionnelle au nombre de molécules d'oxyéthylène et donc à la balance hydrophile/lipophile (HLB) : plus la molécule est soluble dans les lipides, donc plus insoluble dans l'eau, plus elle est toxique.

Les calculs de régression linéaire selon la méthode des moindres carrés entre les CL50 calculées et le nombre d'oxyéthylène, d'une part, et entre CL50 calculées et HLB, d'autre part, donnent les équations suivantes :

$$Y = 0,011 X + 10,04 \quad r = 0,751 ;$$

X = CL50 ; Y = nombre de groupements oxyéthylène ;

$$Y = 0,0035 X + 12,88 \quad r = 0,607 ;$$

X = CL50 ; Y = HLB.

Les coefficients de corrélation sont faibles ; cela tient plus probablement au fait que le nombre d'observations est faible (n = 6) qu'à une absence de corrélation. Les résultats relatifs au NP30 n'ont pas été retenus dans ces calculs. Précisons, à ce sujet, que ce nonylphénol n'a fait l'objet que de tests préliminaires, compte tenu de la dose atteinte (10 g/l).

Nonylphénol	Nombre de groupements oxyéthylène	HLB	CL 50 48 h (mg/l)
NP 5	5	10	1,2
NP 8	8	12,2	3
NP 10	10	13,3	3,3
NP 12	12	14	7,5
NP 17	17	15,5	95
NP 20	20	16	970
NP 30	30	17	> 10 000

TABL. 3. — CL 50 - 48 h des nonylphénols testés sur la civelle.  
48 h LC 50 of tested nonylphenol to the elver.

#### Effets sublétaux après une courte exposition.

##### Comportement des animaux.

Nous avons fait, au cours de ces expériences, diverses observations sur le comportement des civelles soumises aux tensio-actifs ; bien que non quantifiées précisément, il nous a semblé intéressant de les signaler ici. Dans le cas des NP5, NP8, NP10, NP12, NP17, nous avons pu constater sur toutes les gammes de concentrations testées, des phénomènes spectaculaires d'atonie, l'animal ne présentant plus que quelques mouvements respiratoires lents et de rares battements cardiaques dont le rythme se trouvait parfois diminué de 70 % par rapport à celui des civelles-témoins. De manière générale, la moitié des individus présentant cet état d'atonie puis replacés en eau saine, meurent après 24 h. Quant aux survivants, nous n'avons pas noté de meilleure récupération chez les civelles soumises aux nonylphénols les moins toxiques. Ce phénomène d'atonie n'a jamais été observé avec le NP30, et seulement aux plus fortes concentrations pour le NP20, il ne touchait, alors, qu'un tiers environ des individus testés.

On a pu noter également une modification du comportement de nage chez les animaux soumis aux détergents : celle-ci était de type hélicoïdal. Précisons que cette anomalie s'observe parfois sur des civelles en aquarium hors conditions expérimentales mais soumises à un jeûne. Cependant, dans le cas présent, la nage des individus-témoins était normale.

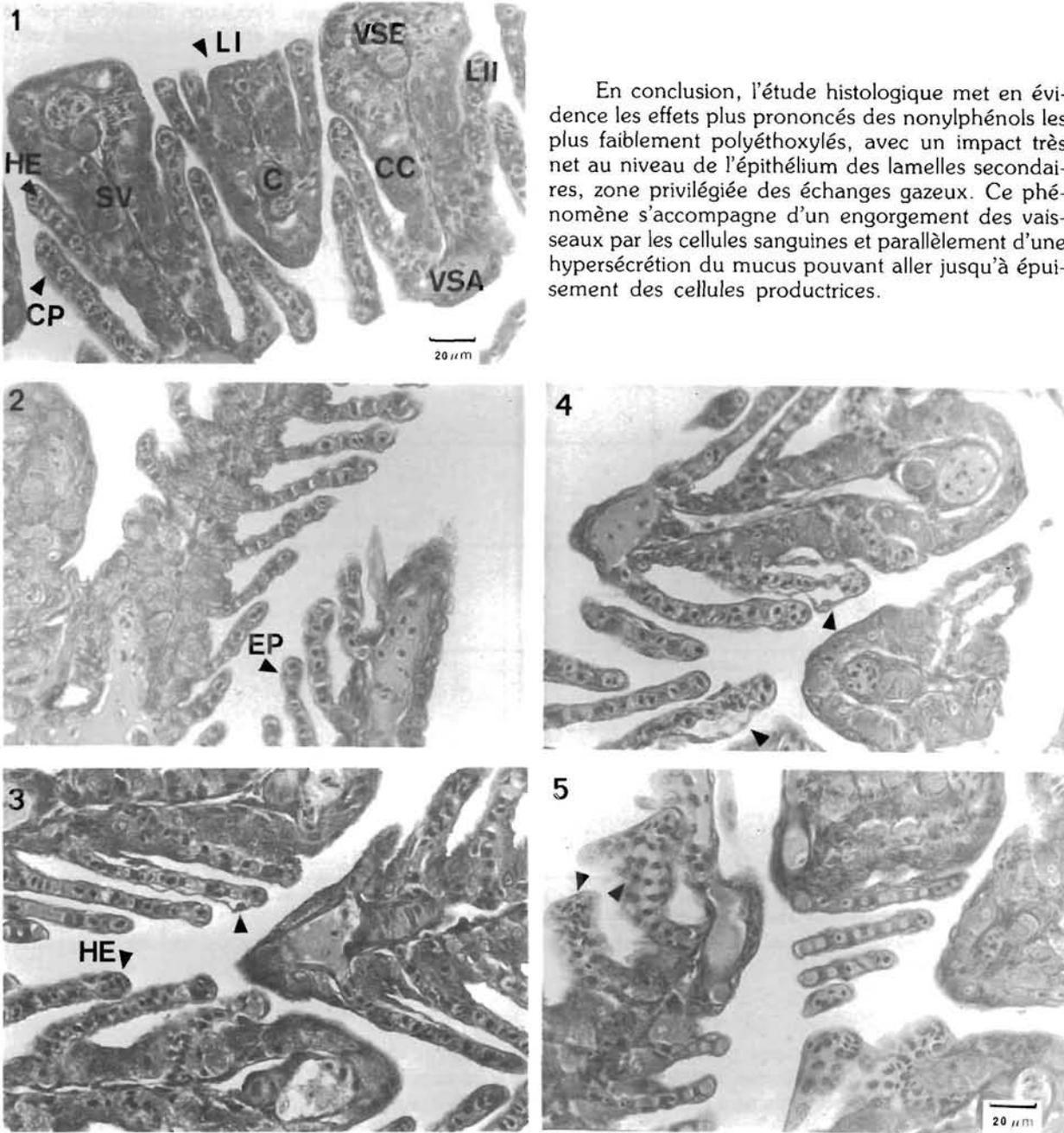
##### Histopathologie des branchies.

Les observations histopathologiques peuvent être regroupées en cinq types majeurs tels que reportés dans le tableau 4. Leur fréquence et leur intensité diffèrent suivant le produit testé. Ces données ainsi que l'examen des coupes représentées sur la figure 1 montrent que :

- les lamelles secondaires des branchies de civelles soumises aux nonylphénols 20, 17 et 12 présentent une légère desquamation de l'épithélium (fig. 1-3). Celui-ci, au lieu de présenter une surface lisse (fig. 1-1), apparaît plissé (fig. 1-2). Dans certains cas — rares toutefois — la rupture (NP17) peut être observée. Nous avons noté également des cas de fusion lamellaire entre 2 lamelles secondaires (NP12) et d'accumulation de cellules sanguines dans le canal marginal sanguin, à l'extrémité des lamelles secondaires (NP17) (fig. 1-3). Cependant, ces dernières observations ne constituent pas des cas fréquents. Par contre, la présence d'une fine couche de mucus recouvrant les lamelles secondaires avec parfois une accumulation de sécrétion entre celles-ci est souvent enregistrée ;

- pour les nonylphénols 5, 8 et 10, les effets sur l'épithélium des lamelles secondaires sont, par contre, beaucoup plus spectaculaires. L'épithélium est complètement décollé de l'axe cellules pilier/sinus sanguin (fig. 1-4). Il ne semble pas que l'espace ainsi formé soit envahi de leucocytes ni infiltré de liquide. Ce décollement conduit fréquemment à la rupture de l'épithélium. Le canal sanguin à l'extrémité des lamelles secondaires est souvent congestionné : cette prolifération de cellules sanguines est caractéristique des branchies au NP5 (fig. 1-5).

Si, dans le cas du NP10, on observe également des sécrétions de mucus, il n'en est pas de même avec les NP5 et NP8. A ce propos, les cellules à mucus de l'épiderme des civelles soumises au NP5 apparaissent, dans leur grande majorité, vides. Ce point sera discuté ultérieurement.



En conclusion, l'étude histologique met en évidence les effets plus prononcés des nonylphénols les plus faiblement polyéthoxylés, avec un impact très net au niveau de l'épithélium des lamelles secondaires, zone privilégiée des échanges gazeux. Ce phénomène s'accompagne d'un engorgement des vaisseaux par les cellules sanguines et parallèlement d'une hypersécrétion du mucus pouvant aller jusqu'à épaulement des cellules productrices.

FIG. 1. — 1 : Branche de civelle-témoin ; LI : Lamelle primaire ; LII : Lamelle secondaire ; VSA : Vaisseau sanguin afférent ; VSE : Vaisseau sanguin efférent ; C : Cartilage ; SV : Sinus veineux central ; CP : Cellule - pillier ; He : Hematies ; CC : Cellule à chlorure. 2 : Branchies de civelle exposée au NP17 (120 mg/l), présentant un décollement de l'épithélium (→) et l'accumulation de cellules sanguines (He) à l'extrémité des lamelles secondaires. 3 : Branchies de civelle exposée au NP17 (70 mg/l) montrant un décollement de l'épithélium (→) et l'accumulation de cellules sanguines (He) à l'extrémité des lamelles secondaires. 4 : Branchies de civelle exposée au NP10 (4 mg/l), présentant un décollement de l'épithélium (→) de l'axe cellules-pilier/sinus sanguin. 5 : Branchies de civelle exposée au NP5 (1,5 mg/l) : prolifération de cellules sanguines (→).

1 : Normal elver gill ; LI : Primary lamella ; LII : Secondary lamella ; VSA : Afferent blood channel ; VSE : Efferent blood channel ; C : Cartilage ; SV : Central venous sinus ; CP : Pillar cell ; He : Blood cell ; CC : Chloride cell. 2 : Elver gills following exposure to NP17 (120 mg/l), exhibiting folded epithelia (EP). 3 : Elver gills following exposure to NP17 (70 mg/l) exhibiting epithelial lifting (→) and blood cell (He) accumulation at the tip of secondary lamella. 4 : Elver gills following exposure to NP10 (4 mg/l), exhibiting epithelial lifting (→) from pillar cell/lamella blood sinus. 5 : Elver gills following exposure to NP5 (1,5 mg/l) : blood cell proliferation (→).

Nous n'avons pas noté d'anomalie particulière sur les cellules à chlorure. Précisons, toutefois, que la coloration topographique employée n'était pas destinée à mettre spécifiquement en évidence ce type cellulaire. Ceci sous-entend que des effets éventuels ont pu nous échapper.

NP (mg/l)	Nombre de civelles	Décollement de l'épithélium	Rupture de l'épithélium	Fusion lamellaire	Accumulation de cellules sanguines	Présence de mucus autour des lamelles secondaires
<b>NP 20</b> 600 800	6 6	+				+
<b>NP 17</b> 70 80 90 120	6 6 6 2	+	+		+	+
<b>NP 12</b> 6 8	6 5	++		+	+	+
<b>NP 10</b> 3 4	2 4	++	++		++	+
<b>NP 8</b> 2 3 3,5	2 5 5	++	++		+++	
<b>NP 5</b> 1 1,5	6 6	++	++	++	++++	

TABL. 4. — Fréquence des observations histopathologiques sur les branchies de civelles soumises aux nonylphénols (la présence et l'intensité des phénomènes observés ont été schématisées par des croix).

Frequency of histopathologic observations on elvers gills after nonylphenols exposition (presence and intensity of observations are schematized by crosses).

### Discussion.

Nos résultats montrent que plus le nombre de groupements oxyéthylène par molécule est petit, plus la toxicité et l'intensité des lésions histologiques induites sont importantes. Cette relation a été mise en évidence avec d'autres détergents non ioniques. MARCHETTI (1965) a montré que la toxicité aiguë de plusieurs alkylphénols sur le poisson d'eau douce *Carassius auratus* (L.) était directement liée au nombre de groupements oxyéthylène qu'ils comportaient (tabl. 5). WILDISH (1974) en étudiant les effets de plusieurs tensio-actifs non ioniques sur le saumon atlantique (*Salmo salar*) arrive aux mêmes conclusions. Ce dernier estime que les détergents à longue chaîne ont plus de difficultés à traverser les biomembranes constituées de phosphoaminolipides et à se fixer sur les protéines animales en raison de leur taille moléculaire et de leur faible liposolubilité. Il est probable, en effet, que le degré de liposolubilité des nonylphénols soit un des facteurs principaux de la toxicité de ces tensio-actifs comme c'est le cas pour une grande partie des polluants organiques. Le rapport existant entre HLB et longueur de chaîne explique, dans nos résultats, la plus forte toxicité des nonylphénols faiblement éthoxylés.

D'après les données bibliographiques, l'impact des tensio-actifs non ioniques sur la physiologie des espèces marines est important et touche de nombreuses fonctions vitales. KAIM MALKA (1980) a mis en évidence une perturbation du rythme de mue chez *Idotea balthica basteri*, crustacé isopode soumis à un détergent non ionique comportant 14 molécules d'oxyde d'éthylène, à la concentration de 5 mg/l. Ce produit

provoque également des phénomènes d'avortement et de baisse de fécondité chez cette espèce (KAIM MALKA, 1983 ; KAIM MALKA *et al.*, 1984).

MARCHETTI (1965) et ABEL (1974), dans leurs synthèses bibliographiques sur la toxicité des détergents vis-à-vis de la faune aquatique, ont passé en revue un grand nombre de travaux sur leurs effets au niveau branchial. La surface des branchies, constituant 70 % de la surface corporelle du poisson, est un lieu d'échanges complexes avec le milieu et une des voies principales de pénétration des toxiques dans l'organisme. De structure fragile et fortement vascularisée, les branchies sont un site particulièrement sensible. Leur vulnérabilité aux polluants dissous ou en suspension dans l'eau a été abondamment étudiée chez les poissons notamment. Deux synthèses bibliographiques résumant ces travaux, celle de ELLER en 1975 sur les téléostéens d'eau douce et celle plus générale de MALLATT en 1985. Les lésions histopathologiques les plus fréquemment décrites à la suite d'expositions délétères comprennent des altérations de l'épithélium branchial (détachement, nécrose, hyperplasie, hypertrophie, rupture), renflement ou fusion des lamelles branchiales, hypersécrétion et prolifération de mucocytes et modifications des cellules à chlorure et du système vasculaire des ouïes. Citons également les travaux de BROWN *et al.* (1968) qui, travaillant sur les effets d'un détergent anionique sur la truite Arc-en-ciel, ont constaté un épaissement des filaments branchiaux avec destruction des parois épithéliales des lamelles secondaires et fusion lamellaire. Ils notent également une atteinte du système vasculaire allant jusqu'à l'hémorragie, et une disparition des cellules à mucus. Nos résultats histopathologiques exposés précédemment conduisent aux mêmes résultats. Mais, de plus, ils permettent de suivre le degré de dégradation des structures pour une même durée d'exposition.

Cependant, d'après BROWN *et al.* (1968), il apparaît que les dommages observés ne sont pas spécifiques de l'action d'un détergent mais qu'il s'agit de réactions inflammatoires classiques des tissus à une irritation avec blessures cellulaires et réponses vasculaires typiques. Cette idée a été reprise et approfondie statistiquement par MALLATT en 1985. Quel que soit le polluant testé, les lésions décrites sont toujours de même nature. Cette absence de spécificité s'explique par le fait qu'il s'agit d'une réaction physiologique stéréotypée des ouïes face à un stress.

Ces réactions sont de type défensif et aboutissent à l'hypersécrétion de mucus qui constitue une barrière à la pénétration du polluant dans l'organisme ; des phénomènes de décollement, desquamation et hyperplasie de l'épithélium lamellaire, permettent d'augmenter la distance entre toxique et flux sanguin, et enfin des fusions de lamelles secondaires conduisent à la diminution de la surface vulnérable des branchies.

Ces divers travaux tendent à nous faire penser qu'il n'y a pas un rapport direct entre les lésions branchiales et la mort des animaux. Mais ces altérations peuvent agir en concomitance, pour causer la mort, en limitant les échanges gazeux, d'autant que les détergents réduisent les tensions superficiels, donc modifient les transferts d'oxygène vers le sang.

Le mécanisme d'action des détergents n'est pas encore élucidé. Plusieurs auteurs font référence à son action narcotique, souvent réversible (WILDISH, 1974 ; WILSON, 1976 ; CZYZEWSKA, 1976). Des effets au niveau du système nerveux central et des centres olfactifs ont été souvent relevés (ABEL, 1974 ; WILDISH, 1974 ; BARDACH *et al.*, 1965). MARCHETTI (1965) comme ABEL (1974) arrivent à la même conclusion : la toxicité des détergents est probablement due à plusieurs modes d'action, résultant à la fois de leur toxicité chimique et de leur pouvoir physique de réduire les tensions superficielles.

Produits	Concentrations létales (mg/l) CL <sub>50</sub> 6 heures	Nombre d'oxydes d'éthylène par molécule
Ester polyéthoxylé (*)	37 (*)	non spécifié
Ester de saccharose-acide cétoستéاريق 100 %	1 230	»
Ester de saccharose-acide hydroxystéariق 100 %	215	»
Ester de saccharose-acide hydroxyméthoxystéariق 100 %	480	»
Ether polyéthoxylé 100 %	2 500	»
Huile de ricin oxyéthylé 100 %	2 500	45
Octylphénol oxyéthylé 100 %	410	16,9
98 %	10,6	10
100 %	11,5	8,5
Nonylphénol oxyéthylé 100 %	7,5	10
98 %	5,9	10
100 %	8,5	9,5

(\*) CL<sub>50</sub> - 96 h, test effectué sur *Lepomis macrochirus* (Rafinesque) d'après HENDERSON *et al.*, 1959.

TABL. 5. — Toxicité aiguë de plusieurs détergents non ioniques (espèce testée : *Carassius auratus* (L.) d'après MARCHETTI, 1965).

*Acute toxicity of some non-ionic detergents with Carassius auratus* (L.) (in MARCHETTI, 1965).

## Conclusion.

L'étude comparative de la toxicité aiguë d'une série de nonylphénols éthoxylés nous a permis de mettre en évidence la forte toxicité des molécules faiblement polyéthoxylées. Les lésions branchiales, bien que non spécifiques, semblent plus aiguës avec ces derniers. Ce phénomène est d'autant plus important que la biodégradation de ces nonylphénols s'effectue par cassure de la chaîne polyéthoxylée et conduit à des nonylphénols peu ou pas éthoxylés difficilement dégradables (STEPHANOU et GIGER, 1982). Ceux-ci sont susceptibles de se retrouver dans le milieu marin (au débouché de rejets urbains ou à la suite de traitement de nappes d'hydrocarbures lors de catastrophes pétrolières) et d'induire des effets délétères sur la faune et la flore.

Nous remercions M. L'HERMITE, de la Faculté des Sciences de Nantes, pour ses conseils en techniques histologiques, et M. CASTAING, de l'Institut Français du Pétrole de Rueil-Malmaison, pour l'analyse chimique de nonylphénols faiblement polyéthoxylés.

## BIBLIOGRAPHIE

- ANONYME, 1977. — Homologation des dispersants pétroliers. — Rapport du ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie, 21 p. + annexes.
- ABEL (P.D.), 1974. — Toxicity of Synthetic detergents to fish and aquatic invertebrates. — *J. Fish. Biol.*, **6** : 279-298.
- BARDACH (J.E.), FUJIYA (M.) et HOLL (A.), 1965. — Detergents : effects on the chemical senses of the fish *Ictalurus natalis* (Le Sueur). — *Sciences*, **148** : 1605-1609.
- BLISS (C.I.), 1938. — The determination of the dosage-mortality curve from small numbers. — *Quart. J. Pharm.*, **11** : 192-216.
- BOYER (S.L.), GUIN (K.F.), KELLEY (R.M.), MAUSNER (M.L.), ROBINSON (M.F.), SCHMITT (T.M.), STAHL (C.R.) et SETZKORN (E.A.), 1977. — Analytical method for nonionic surfactants in laboratory, biodegradation and environmental studies. — *Environ. Sci. and Technol.*, **11** (13) : 1167-1171.
- BROWN (V.M.), MITROVIC (V.V.) et STARK (G.T.C.), 1968. — Effects of chronic exposure to zinc on toxicity of a mixture of detergent and zinc. *Water Research*, **2** : 255-263.
- CZYZEWSKA (K.), 1976. — The effect of detergents on larval development of a crab. — *Mar. Poll. Bull.*, **7** (3) : 108-112.
- ELIE (P.), 1979. — Contribution à l'étude des montées de civelles d'*Anguilla anguilla* (L.) (poisson téléostéen anguilliforme) dans l'estuaire de la Loire. Pêche, écologie, écophysologie et élevage. — Thèse 3<sup>e</sup> cycle Univ. Rennes, 380 p.
- ELIE (P.), LECOMTE-FINIGER (R.), CANTRELLE (I.) et CHARLON (N.), 1982. — Définition des limites des différents stades pigmentaires durant la phase civelle d'*Anguilla anguilla* L. (Poisson téléostéen anguilliforme). — *Vie et Milieu*, **32** (3) : 149-157.
- ELLER (L.L.), 1975. — Gill lesions in freshwater teleosts p. 305-330 in W.E. RIBELIN and G. MIGAKI (ed.). *The Pathology of fishes* University of WISCONSIN Press, Madison WI.
- HENDERSON (C.), PICKENING (Q.M.) et COHEN (J.M.), 1959. — The toxicity of synthetic detergents and soaps to fish. — *Sewage ind. wastes*, **31** : 295-306.
- KAIM MALKA (R.A.), 1980. — Altération du rythme de mue chez l'isopode valvifère *Idotea balthica* Basteri soumis en permanence à un détergent non ionique. — *Journ. Franç. d'hydrologie*, **11**, 3 (33) : 189-202.
- KAIM MALKA (R.A.), 1983. — Altération de la fonction de reproduction chez *Idotea balthica* Basteri (Crustacea, Isopoda) soumis à l'effet chronique d'un détergent non ionique. *Mar. Environ. Res.*, **8** (1) : 41-62.
- KAIM MALKA (A.), JACOB (S.S.), BELLAN (G.) et STORA (G.), 1984. — Influence of environmental pollutants on links of a food chain : Ecotoxicological tests on *Idotea Balthica Basteri* (Crustacea, Isopoda) and *Scorpanea notata* (piscis : scorpaenidae) in Ecotoxicological testing for the marine environment (1984). G. PERSONNE, E. JASPERS and C. CLAUS (Eds). State Univ. Ghent and Inst. Mar. Scient. Res. Bredene Belgium, **2**, 588 p. : 85-98.
- LANG (G.), 1975. — Les tensio-actifs. — *Information chimie*, **140** : 119-126.
- MCKENZIE (D.A.), 1978. — Nonionic surfactants. — *J. Am. Oil Chemist's Soc.*, January 1978, **55** : 93-97.
- MALLATT (J.), 1985. — Fish gill structural changes induced by toxicants and other irritants : a statistical review. — *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **42** : 630-648.
- MARCHETTI (R.), 1965. — Revue critique des effets des détergents synthétiques sur la vie aquatique. — *Stud. Rev. gen. fish Coun. Medit. (Fr.)*, **26** : 30 p.
- MILWIDSKY (B.M.), 1969. — A rapid method for the production control of non-ionic component in synthetic detergents. — *Analyst*, **94** : 377-386.
- STEPHANOU (E.) et GIGER (W.), 1982. — Persistent organic chemicals in sewage effluents — 2 — Quantitative determinations of nonylphenols and nonylphenols ethoxylates by glass capillary gas chromatography. — *Envir. Sci. Technol.*, **16** (11) : 800-804.
- WILDISH (D.J.), 1972. — Acute toxicity of polyoxyethylene esters and polyoxyethylene ethers to *Salmo salar* and *Gammarus oceanicus*. — *Wat. Res.*, **6** : 759-762.
- 1974. — Lethal response by Atlantic Salmon Parr to some polyoxyethylated cationic and non-ionic surfactants. — *Wat. Res.*, **8** : 433-437.
- WILSON (K.W.), 1976. — Effects of oil dispersants on the developing embryos of marine fish. — *Mar. Biol.*, **36** : 259-268.