

# MICROPLAST

## Evaluation des concentrations en microplastiques dans les produits conchylicoles normands.



Partenaires financiers



BLIN JL.\* , LAISNAY N.\* , LEFEBVRE V.\* , MOAL S.\* , PETINAY S.\* , CAUVIN E.\*\* , BENOIT F.\*\* , SAVARY M. \*\*\*

Août 2020



**Diffusion :** libre **restreinte** **interdite**

**Version du document :** définitive

**Date de publication :** Août 2020

**Nombre de page :** 32

**Bibliographie :** oui **non**

**Illustration(s) :** oui **non**

### **Titre et sous-titre du rapport :**

## **MICROPLAST**

**Evaluation des microplastiques dans les produits conchylicoles normands**

### **Auteur(s) principal (aux) :**

**BLIN Jean-Louis \* , LAISNAY Naïda \* , LEFEBVRE Vincent \* , MOAL Suzy \* , PETINAY Stéphanie \***

**CAUVIN Elodie \*\* , BENOIT Fabienne \*\* :**

**SAVARY Manuel \*\*\* :**

### **Organisme(s) et adresse(s)**

**SMEL \*** : centre expérimental, zac de Blainville, parcelle 45, 50 560 Blainville sur mer

**LABEO Manche \*\*** : 1352 avenue de Paris, CS 33608, 50008 Saint-Lô cedex

**CRC-NMdN \*\*** : 35, rue du littoral BP 5, 50 560 Gouville sur mer

**APPEL A PROJETS 2017 : ACTIONS EN FAVEUR DU DEVELOPPEMENT ECONOMIQUE DE LA FILIERE RESSOURCES MARINES**

**Convention Région Normandie 2017-PCM-05 – MICROPLAST**

**Décision du comité syndical du S.M.E.L. : 15 Février 2017, 12 octobre 2017.**

**Autre(s) participant(s) :**

Merci à :

**TESSIER** Louis (président CRC-NMdN) et **MAINE** Loïc (vice-président moule CRC-NMdN) pour les échanges sur ce projet.

Aux **ostréiculteurs du Calvados** chez qui les échantillonnages d'huîtres ont pu être réalisés en absence de station de suivi réseau.

Au **cérastoculteur** de Chausey chez qui les échantillonnages de coques ont pu être réalisés en absence de station de suivi réseau

A **tous les conchyliculteurs qui accueillent les points de suivi des réseaux REMONOR, REMOULNOR et suivi Palourde**, supports primordiaux du plan d'échantillonnage de ce programme, sans qui ces séries historiques ne pourraient être acquises.

**AMMI-ALI Rabat, ANFOSSO Marie, MILLIERE Quentin et PARIS Marie**, étudiants du master 2 AQUACAEN, qui ont travaillé sur le sujet en amont lors de leur projet d'application (2017-2018).

**Gouvernance du programme :**

Comité scientifique et technique : **CRC-NMdN, LABEO et SMEL**

Comité de pilotage : Le sujet étant sensible commercialement pour la profession, il n'a pas été établi de COPIL ni de communication publique sur ce projet, à l'exception d'un rendu des résultats (poster) au congrès QUASIMEME à Amsterdam (27-28 novembre 2018). Des échanges ont toutefois été organisés avec le CRC-NMdN.

Financeurs : Appels à projet Synergie partenariale (mai 2016 – octobre 2017)

Convention N° 2016 PCM 30



## Résumé :

La présence de microplastiques dans les produits de la mer fait l'objet d'une forte médiatisation, un sujet sensible vis-à-vis des consommateurs. Au premier rang des filières impactées, la conchyliculture, développée en milieu ouvert, subit de plein fouet cette problématique constituant un axe supplémentaire des enjeux sanitaires. Aussi, le CRC-NMdN a sollicité le SMEL afin de faire un état des lieux de la situation dans les produits conchyliques normands. En effet, aucune donnée dédiée spécifiquement aux produits normands n'était disponible en 2016.

Sur la base d'un plan d'échantillonnage permettant de couvrir tous les secteurs de production de la Manche et du Calvados, huîtres, moules, palourdes et coques ont été échantillonnées et analysées par LABEO pour réaliser cette première évaluation.

Les résultats montrent que tous les produits, quels que soient les secteurs, contiennent des microplastiques. Globalement, moins d'un animal sur deux (**48,5 %**) révèle une assimilation de particules. La prévalence tend à être un peu plus forte dans des secteurs plus directement impactés par les apports de grands bassins versants. Cependant, les masses d'eau du large semblent également fournir un flux de particules car cette présence est relevée également dans un secteur comme l'archipel des îles Chausey.

En moyenne, tous secteurs confondus, ce sont les moules qui contiennent la concentration la plus faible avec **0,57 ± 0,13** particule/ individu I.C.95. Les huîtres présentent une concentration de **1,71 ± 0,15** particule/individu I.C.95, les palourdes **1,40 ± 0,43** particule/individu I.C.95 et les coques **1,57 ± 0,40** particule/individu I.C.95.

Les particules de microplastiques sont retrouvées sous deux formes : fibres et morceaux. Dans cette étude, les fibres sont très majoritaires, représentant **92 %** (moules), **79 %** (palourdes) et **68 %** (coques et huîtres) des particules dénombrées.

Enfin, si la caractérisation chimique des plastiques n'a pu être réalisée, une caractérisation basée sur la couleur a permis d'obtenir une vision de la diversité des sources de contamination. Ainsi, quelle que soit la forme des particules, la **couleur bleue est fortement majoritaire, 100% des particules chez les fouisseurs** palourdes et coques et **75% chez les filtreurs** moules et les huîtres. Ainsi ces derniers contiennent une plus grande diversité de couleur (noire, rouge, verte, beige) de particules pouvant suggérer une diversité plus importante des sources ou une assimilation différenciée par rapport aux fouisseurs. Pour aller plus loin dans cette caractérisation, tous les échantillons de particules ont été conservés dans l'optique d'une identification ultérieure plus fine.

Cette étude constitue donc un tout premier état des lieux de cette problématique dans les produits conchyliques normands et apporte des données qui pourront à l'avenir servir de référence initiale. D'autre part, il peut être envisagé également de travailler plus précisément sur les sources du flux microplastique notamment chez les filtreurs afin de savoir si les outils zootechniques (filets, élastique, poche etc.) peuvent être à l'origine d'une partie des sources de contamination plastique.

**Mots clefs :** conchyliculture, microplastiques, plastiques, huîtres, moules, coques, palourdes, enjeux sanitaires.

## Liste des figures :

<b>Figure 1</b> : Macroplastiques flottants dans les océans	p. 1
<b>Figure 2</b> : Proposition de nomenclature des débris plastiques selon la taille	p. 2
<b>Figure 3</b> : Schéma représentant les voies de transport des microplastiques et leurs interactions biologiques dans l'environnement marin	p. 2
<b>Figure 4</b> : Secteurs de production conchylicole étudiés	p. 7
<b>Figure 5</b> : Protocole pour l'estimation du nombre de particules de microplastique	p. 8
<b>Figure 6</b> : Prévalence de la présence des microplastiques observés dans les huîtres	p. 9
<b>Figure 7</b> : Prévalence de la présence des microplastiques observés dans les moules	p. 10
<b>Figure 8</b> : Prévalence de la présence des microplastiques observés dans les coques et les palourdes	p. 10
<b>Figure 9</b> : Nombre de particules par gramme de chair d'huître	p. 11
<b>Figure 10</b> : Nombre de particules par gramme de chair de moule	p. 12
<b>Figure 11</b> : Nombre de particules par gramme de chair des 4 espèces élevées à Chausey	p. 12
<b>Figure 12</b> : Nombre de particules par huître	p. 13
<b>Figure 13</b> : Nombre de particules par moule	p. 13
<b>Figure 14</b> : Nombre de particules par espèce étudiée à Chausey	p. 14
<b>Figure 15</b> : Forme des particules de microplastique observées	p. 15
<b>Tableau 1</b> : proportion des formes de particules en fonction des espèces tous sites confondus	p. 15
<b>Figure 16</b> : proportion des formes de particules en fonction des espèces étudiées à Chausey	p. 16
<b>Figure 17</b> : proportion des formes de particules retrouvées dans les huîtres en fonction des secteurs d'élevage	p. 16
<b>Figure 18</b> : proportion des formes de particules retrouvées dans les moules en fonction des secteurs d'élevage	p. 17
<b>Figure 19</b> : proportion des formes et couleurs de particules observées dans les espèces étudiées	p. 18

# **SOMMAIRE :**

<b>Introduction</b>	<b>p. 1</b>
Contexte	p. 1
Les microplastiques	p. 2
Impact sur l'environnement	p. 4
<b>Objectif de l'étude</b>	<b>p. 5</b>
<b>Matériel et méthode</b>	<b>p. 6</b>
1- Plan d'échantillonnage et matériel biologique	p. 6
2- Méthode d'évaluation de la présence des microplastiques	p. 8
<b>Résultats</b>	<b>p. 9</b>
1- Prévalence	p. 9
<u>1.1 Les huîtres</u>	p. 9
<u>1.2 Les moules</u>	p. 10
<u>1.3 Les coques et les palourdes</u>	p. 10
2- Quantification du nombre de particules par g de chair des espèces étudiées par secteur	p. 11
3- Quantification du nombre de particules par individus par secteur	p. 13
4- Typologie des particules observées	p. 15
<b>Discussion</b>	<b>p. 19</b>
<b>Conclusion</b>	<b>p. 24</b>
<b>Bibliographie</b>	<b>p. 26</b>
<b>Annexes</b>	<b>p. 28</b>



# Introduction

## Contexte

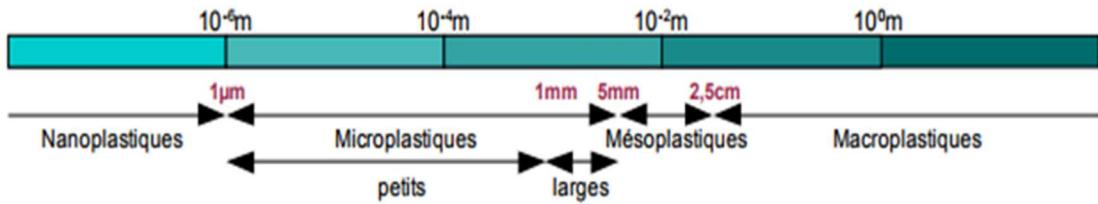
La pression croissante des activités humaines au niveau des zones côtières et marines constitue une source importante de polluants, notamment les plastiques qui représentent près de 70% des déchets marins (Figure 1 ; Shim et Thompson, 2015 ; Devriese et al., 2015).



**Figure 1 :** Macroplastiques flottants dans les océans, révélateurs de la pollution marine. Photo de Christophe Launay/Race for water et du « Great Pacific Garbage Patch » dans le Pacifique Nord provenant du site firmm.org.

La production de ces derniers n'a cessé de croître depuis les années 1950 (Andrady et al., 2011) atteignant une valeur de plus de 311 millions de tonnes en 2014 (Plastics Europe, 2015). Une partie de ces déchets plastiques (entre 75 et 80 millions) finissent dans l'environnement marin (Eriksen et al., 2014), mais leur concentration est sous-estimée du fait de la sédimentation de certains d'entre eux. La majeure partie de ces plastiques provient des milieux continentaux même si près de 18% de ceux-ci sont issus directement de l'industrie de la pêche (Andrady et al., 2011). Il a été récemment estimé que plus de 250 000 tonnes de plastiques, dont 21 000 tonnes de microparticules flotterait dans les mers du globe (Eriksen et al., 2014). Ce fort taux de pollution est principalement dû à la mauvaise gestion des déchets plastiques provenant de décharges, mais aussi des effluents domestiques ou industriels rejetés dans les stations d'épuration. Tout cela provoque des effets indésirables sur les écosystèmes marins (Shim et Thompson, 2015).

L'accumulation progressive de ces plastiques représente aujourd'hui un problème à gérer à plusieurs échelles. Elle a engendré la formation d'un amas de plastiques, présenté au grand public comme le « 7ème continent », comme preuve du rejet massif et de la forte pollution des océans par les hommes (Garric et al., 2012) ; son estimation oscille entre 4 et 12 millions de tonnes (Jambeck et al., 2015). La réalité de ce 7ème continent amène plutôt à la problématique de cette étude : le 7ème continent n'est pas seulement fait de macroplastiques mais surtout de **microplastiques**, fragments dont la taille est inférieure à 5mm (Figure 2).

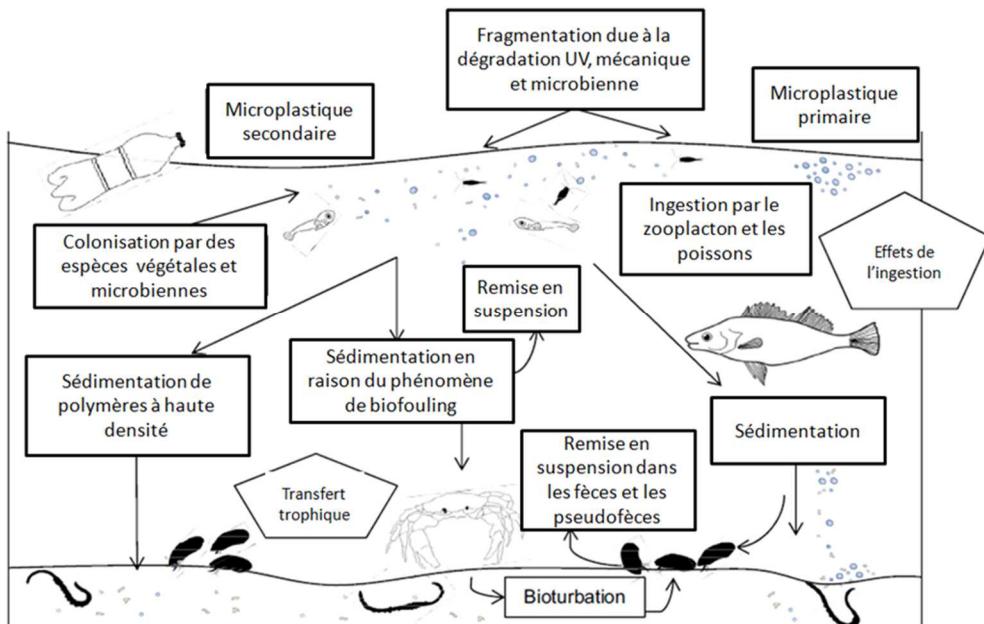


**Figure 2 :** Proposition de nomenclature des débris plastiques selon la taille (MSFD GES Technical Subgroup on Marine Litter, 2013)

La durée de vie et le devenir de ces microplastiques sont encore peu définis et de nombreuses études sont actuellement en cours. Il a cependant déjà été démontré dans de nombreuses études que l'on retrouve ces microplastiques dans de nombreux compartiments. Les rivières et les fleuves sont des vecteurs de cette pollution (Castaneda et al., 2014 ; Mani et al., 2015), emmenant les déchets plastiques du continent vers les océans, mais on les retrouve également dans le sédiment (Frère, 2017) et les différents maillons trophiques (Lönnstedt & Eklöv, 2016).

## Les microplastiques

Les microplastiques sont donc omniprésents dans l'environnement, cependant, au cours des quatre dernières décennies, ils n'ont pas cessé de s'accumuler dans les mers et les océans du globe (Carpenter et al., 1972). Ils ont été détectés aussi bien dans la colonne d'eau, que dans le sédiment et le biote (Figure 3 ; Thompson et al, 2004) avec une relation significative entre leur abondance et la densité de la population humaine (Browne et al., 2011).



**Figure 3 :** Schéma représentant les voies de transport des microplastiques et leurs interactions biologiques dans l'environnement marin (modifié à partir de Wright et al., 2013).

Deux catégories de microplastiques peuvent être distinguées :

- Les microplastiques primaires sont produits directement sous forme de microparticules pour être ajoutés dans les produits cosmétiques comme les dentifrices ou les gommage/exfoliant depuis les années 1990 ou alors pour une utilisation ultérieure comme matière première (production de granulés de plastiques) (Cole et al., 2011).

- Les microplastiques secondaires résultent quant à eux de la transformation par fragmentation en microparticules de déchets plastiques de plus grande taille (macroplastiques).

Cette fragmentation peut se faire grâce à des processus physiques comme la photolyse, principale cause de dégradation par une activité des rayons UV, qui va rendre les matériaux poreux et instables induisant ainsi une rupture des chaînes polymériques. Cette fragmentation peut aussi se faire par l'intermédiaire de processus biologiques comme l'activité microbienne de microorganismes fixés à la surface des microparticules de plastiques à caractère hydrophobe (Ryan et al. 2009). Cette fragmentation est à l'origine d'une considérable augmentation de la quantité de microparticules disponibles dans la colonne d'eau (Browne et al., 2007 ; Thompson et al., 2009). Cependant, la dégradation totale des plastiques étant relativement longue, la plupart de ceux-ci sont considérés comme persistants. En effet, la vitesse et le degré de dégradation des plastiques dépendent de leur composition, de leurs propriétés et de leur structure polymérique : ceux possédant des liaisons ester (comme le polyuréthane) peuvent être attaqués par des estérases alors que ceux étant composés d'unités courtes et répétitives, présentant une grande symétrie et de fortes liaisons hydrogènes comme le PE, le PP et le PET, sont moins accessibles aux enzymes et donc plus stables (Lambert et al., 2014).

## Impact sur l'environnement

La taille des microplastiques occupe la même fraction granulométrique que celle des sédiments et de certains organismes planctoniques. De ce fait, ces particules peuvent être ingérées par des espèces à la base de la chaîne trophique telles que les suspensivores et les filtreurs (Moore et al., 2008 ; Thompson et al., 2009). Par conséquent, les microplastiques peuvent se concentrer dans les organismes, causant ainsi des dommages physiques, tels que des abrasions et des blocages internes (Wright et al., 2013). Ils sont aussi susceptibles d'être transférés dans les niveaux trophiques supérieurs par la consommation de proies les ayant ingérés (Farrell et Nelson, 2013). Une fois ingérés, ces derniers peuvent être partiellement digérés et excrétés dans les matières fécales. La remise en suspension de ces fèces contenant des microplastiques peut les rendre de nouveau disponibles, et être ré-ingérés par des organismes détritivores et suspensivores (Wright et al., 2013 ; Figure 3). Une partie de ces microplastiques, comme le polychlorure de vinyle (PVC), ayant une densité de 1,38, peut s'accumuler progressivement plus ou moins profondément dans le sédiment. Cela est du à la densité qui va les rendre disponibles aux espèces benthiques vivants dans les fonds marins (Wright et al., 2013 ; Figure 3) comme l'arénicole *Arenicola marina*, qui est capable de transférer ces particules microplastiques entre différents compartiments de la couche supérieure des sédiments. C'est le phénomène de bioturbation (Wright et al., 2013).

Ainsi, ces particules étant présentes dans le réseau trophique marin, de nombreuses espèces marines notamment les invertébrés, sont susceptibles d'ingérer des microplastiques.

Compte tenu du fait que l'offre alimentaire mondiale des produits de la mer était de plus de 160 millions de tonnes en 2014 (FAO, 2016), la question de la sécurité alimentaire humaine est posée et fait l'objet ces dernières années d'une médiatisation importante. La conchyliculture, pratiquée en milieu ouvert en France, n'échappe donc pas à ce nouvel aspect des enjeux sanitaires. Avec une production d'environ 39 000 tonnes, générant 3 512 emplois et un chiffre d'affaire d'environ 128 millions d'euros (Duroy, 2017), la conchyliculture normande est au premier rang des centres de production français. C'est pourquoi, le Comité Régional de la Conchyliculture Normandie-Mer du Nord a sollicité le SMEL en 2016 sur ce sujet.

## Objectif de l'étude

Suite à cette sollicitation (Annexe 1), le SMEL en collaboration avec LABEO et le CRC-NMDN, a mis en place ce programme dont l'objectif principal est de faire un **état des lieux de la présence de microplastiques dans les élevages normands**.

Si les médias ont fortement relayé certaines évaluations faites sur des produits présents sur les étals (notamment sur des moules), il existe très peu de données évaluant cette contamination dans les produits conchyliques en France et notamment en Normandie. Ainsi, les différentes productions conchyliques normandes ont été évaluées : **huîtres, moules, palourdes et coques**.

Par le biais de cette étude, la profession conchylicole souhaite obtenir des éléments de référence pour appréhender cette problématique.

Cette étude n'abordera pas les risques écotoxicologiques pouvant être attribués à la présence des microplastiques. De nombreuses études sont conduites actuellement par des équipes spécialisées. Vu le caractère ultra-sensible de ce sujet vis-à-vis des consommateurs, il était préférable d'attendre des résultats fiables sur cet aspect.

# Matériel et méthode

## 1- Plan d'échantillonnage et matériel biologique

Pour répondre à cette problématique, le SMEC a proposé un plan d'échantillonnage reposant sur l'existence de ses réseaux de suivi des productions ostréicoles (**REMONOR**), mytilicole (**REMOULNOR**) et vénérifcole (**Suivi Palourde**). En effet, vu l'importance de cette production en région (surfaces concédées dans la Manche : 740 Ha huîtres, 294 Km moules et 30 Ha palourdes ; surfaces concédées dans le Calvados : 222 Ha huîtres), il était impossible de réaliser un échantillonnage exhaustif. Les réseaux de suivis déployés dans le département de la Manche, permettaient d'obtenir des stations de suivis spatialement réparties dans les principaux secteurs de production.

D'autre part, faisant l'objet d'un suivi basé sur un protocole standardisé, ces réseaux offrent également la possibilité de connaître précisément le trait de vie des animaux échantillonnes et notamment la durée d'élevage c'est-à-dire la durée d'exposition à une contamination éventuelle.

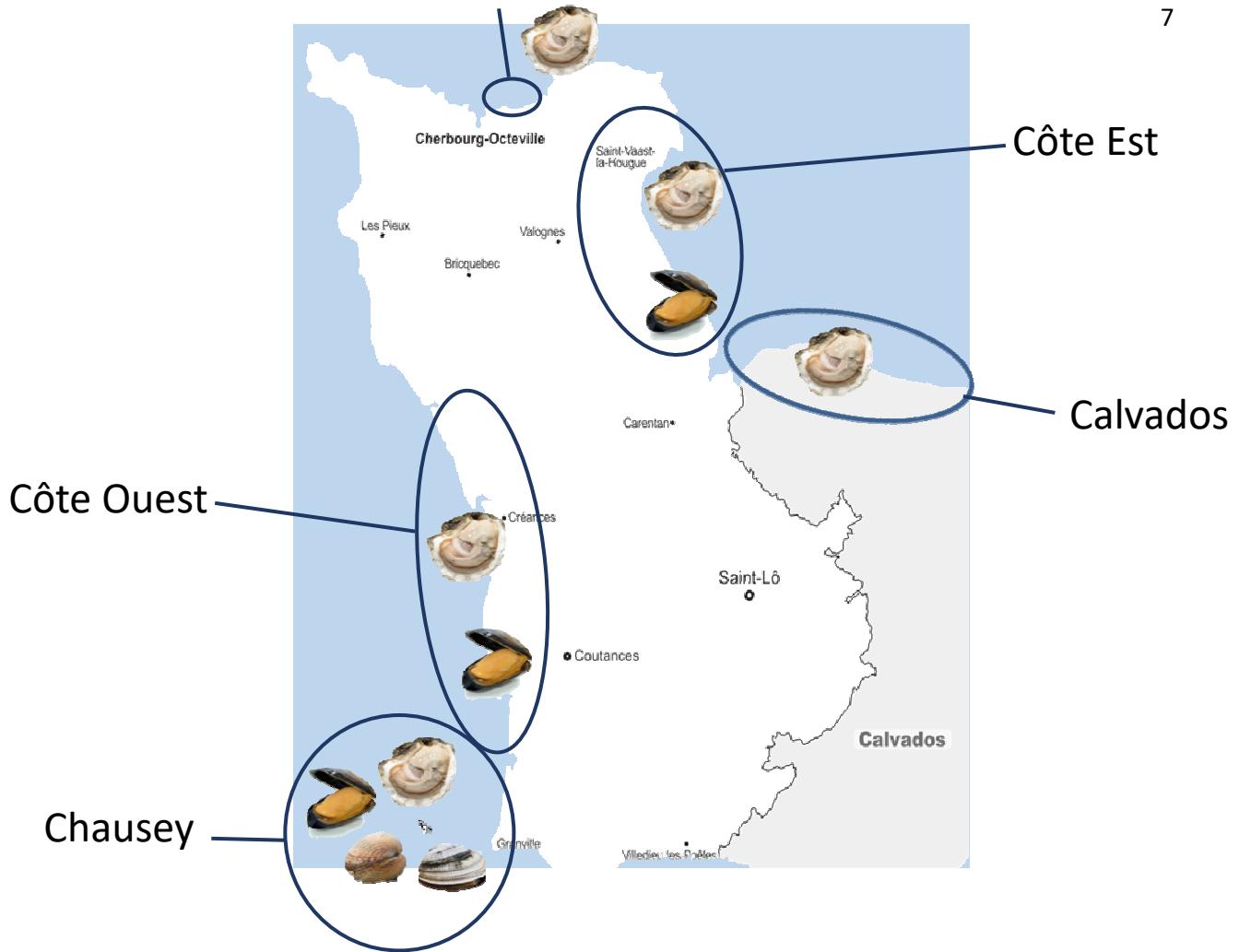
En revanche, en absence de station de suivi dans un secteur donné (Calvados) ou sur une production donnée (coques), il a été proposé de réaliser l'échantillonnage sur des animaux mis à disposition par les professionnels concernés, tout en récupérant les informations sur la durée d'élevage (1 an minimum pour les huîtres, fin de cycle pour les coques commercialisable maximum 2 ans).

Ainsi, cinq grands secteurs conchylicoles ont été étudiés (**Figure 4**) :

- L'archipel des îles **Chausey** (élevages de moules, d'huîtres, de palourdes et de coques)
- La **côte Ouest Cotentin** (élevages d'huîtres et de moules)
- Le **Nord Cotentin** (élevage d'huîtres)
- La **côte Est Cotentin** (élevages d'huîtres et de moules)
- La **côte du Calvados** (élevage d'huîtres)

# Nord Cotentin

7



**Figure 4 :** Secteurs de production conchylicole étudiés

Les huîtres échantillonnées dans le cadre du réseau REMONOR sont des huîtres adultes mises en élevage pendant un an dans les secteurs :

- Du Lézard à Chausey
- De Lingreville, Blainville et St Germain/Ay sur la côte Ouest
- De Fermanville dans le Nord Cotentin
- De La Tocquaise, Crasville et Utah sur la côte Est.

Les huîtres de la côte du Calvados sont du même âge et ont été élevées un an dans les secteurs de la Baie des Veys (Géfosse, Grandcamp) et de Meuvaines.

Les moules sont issues du suivi de rendements sur pieux REMOULNOR. La durée d'élevage varie de 14 à 18 mois. Les sites de suivis sont :

- La Roquette et Les Huguenans à Chausey
- Bricqueville, Hauteville, Agon, Pirou sur la côte Ouest
- Utah sur la côte Est.

Les Palourdes et les coques proviennent des élevages de la Plaine du Rétin à Chausey et ont été échantillonnées en fin de cycle à savoir 3 ans pour les palourdes et 2 ans pour les coques.

Tous ces échantillons constitués de 30 individus par site d'élevage pour chaque espèce, ont été stockés au congélateur (-20°C) avant analyse.

## 2- Méthode d'évaluation de la présence des microplastiques

La question de la méthode de préparation des échantillons est primordiale. En effet, l'évaluation des particules de microplastique repose sur une observation visuelle après digestion des chairs. Or selon le produit utilisé pour réaliser cette digestion, il peut y avoir disparition de certaines particules.

Le protocole déployé par LABEO pour cette étude (Figure 5), est issu des travaux de Dehaut et al (2016), (Annexe 2) initialement sollicité par l'ANSES afin de déterminer les meilleures procédures d'estimation du nombre de particules de microplastique dans les organismes.

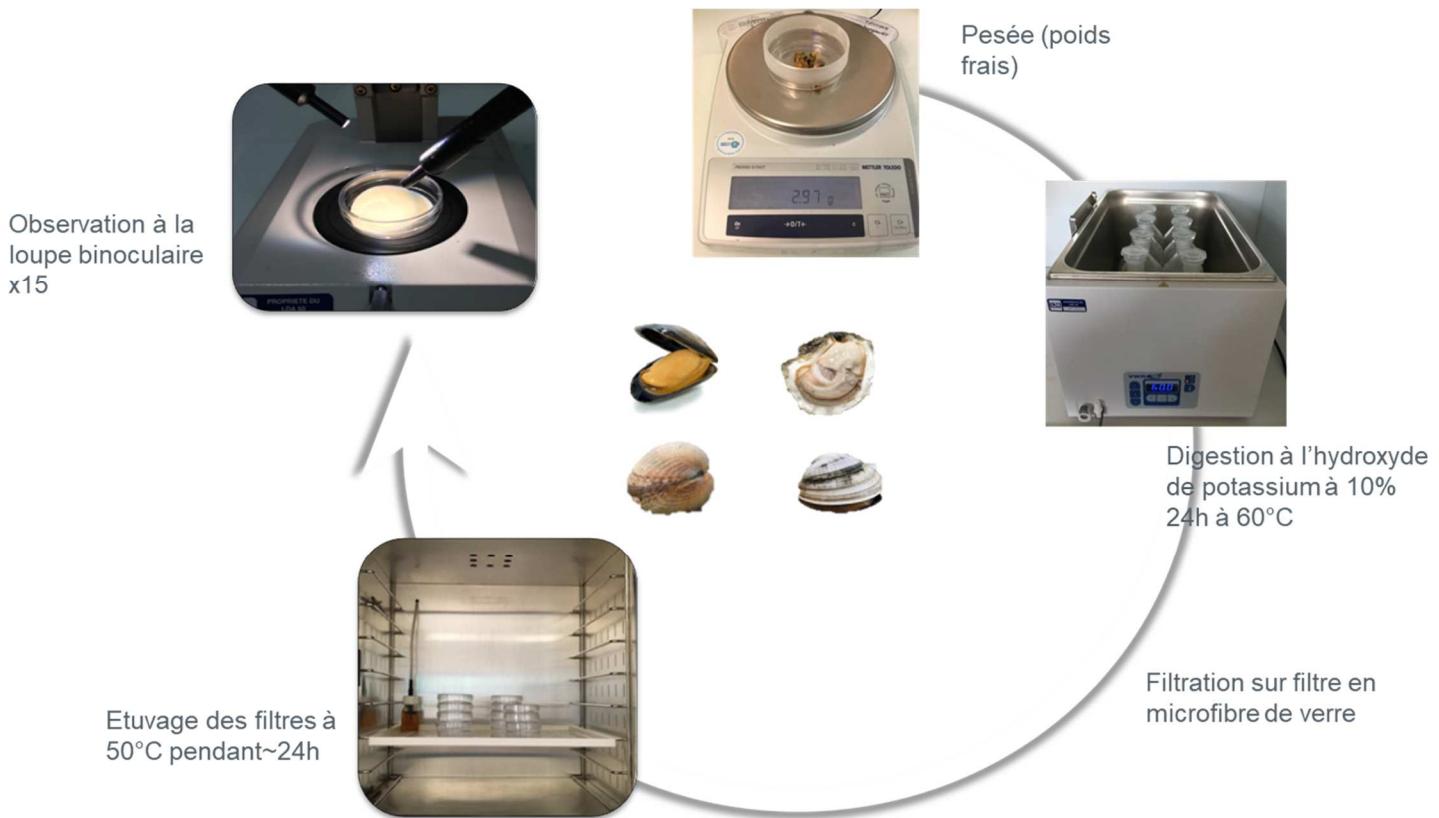


Figure 5 : Protocole pour l'estimation du nombre de particules de microplastique.

L'analyse sur les huîtres, les palourdes et les coques a été réalisée par individus. Au total ce sont 360 huîtres, 30 palourdes et 30 coques qui ont été traitées.

Pour les moules, l'analyse a été réalisée sur des pools de 3 individus. Au total 210 moules ont été analysées.

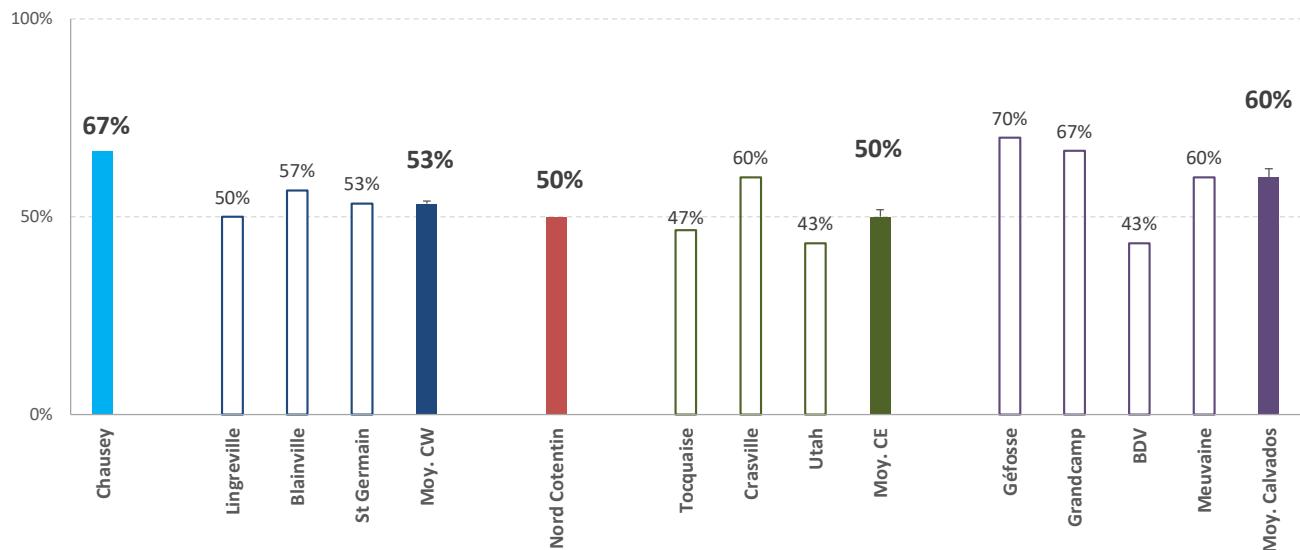
Ne disposant pas au moment de cette étude des moyens adéquats pour identifier les familles de composés plastiques retrouvés (spectrométrie RAMAN), tous les échantillons ont été conservés pour en déterminer la nature ultérieurement si ces moyens analytiques deviennent disponibles.

La contamination par les microplastiques sera exprimée selon : la **prévalence** (nombre d'individus contenant des particules / nombre total d'individus analysés en %) ; le **nombre de particules par gramme** d'individus et **par individus**. La forme des particules sera également précisée.

# Résultats

## 1- Prévalence

### 1-1 Les huîtres (Figure 6)



**Figure 6 :** Prévalence de la présence des microplastiques observés dans les huîtres (I.C.95).

Tous les échantillons d'huîtres analysés révèlent la présence de microplastiques.

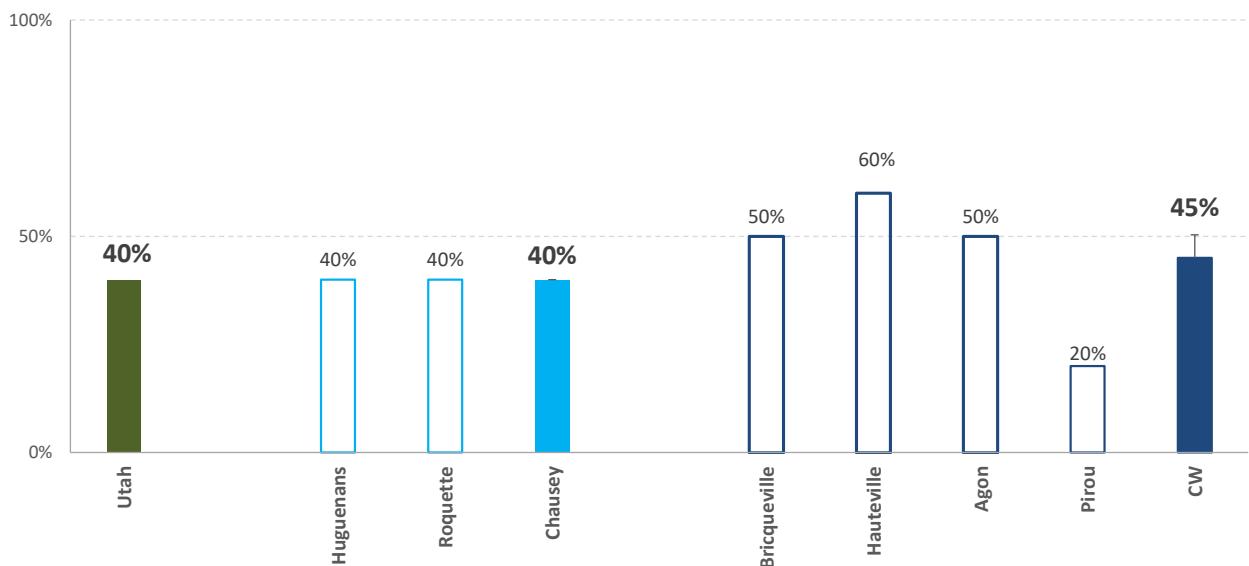
**67 %** des individus en contiennent sur le site de Chausey.

Sur la Côte Ouest, en moyenne **50 %**  $\pm$  1% I.C.95 des individus en contient, avec des variations intersites assez faibles allant de 50% à 57%.

Il en est de même sur le site du Nord-Cotentin **50 %** ainsi que sur la Côte Est **50 %**  $\pm$  2% I.C.95, mais avec une variabilité plus importante, les valeurs allant de 43% à 60%.

Enfin, sur la côte Calvados, la prévalence moyenne est de **60 %**  $\pm$  2% I.C.95 avec une variabilité plus forte également, les valeurs allant de 43% au cœur de la Baie des Veys à 67% et 70% respectivement à Grandcamp et Géfosse. Quant aux huîtres sur Meuvaines, leur prévalence est de 60%.

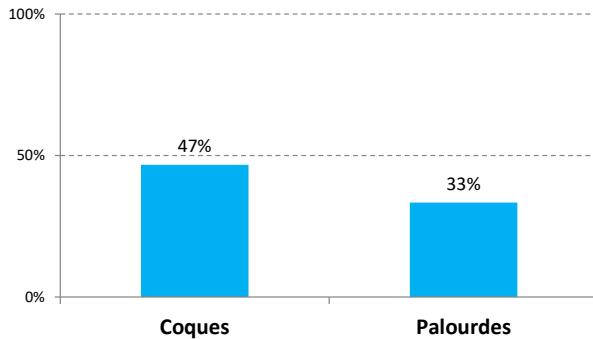
### 1-2 Les moules (Figure 7)



**Figure 7 :** Prévalence de la présence des microplastiques observés dans les moules (I.C.95).

Tous les échantillons de moules analysés contiennent des microplastiques. La prévalence est de **40 %** à Utah sur la côte Est et à Chausey quel que soit le site. Sur la côte Ouest, la prévalence moyenne est de **45 % +/- 5 %**.

### 1-3 Les coques et les palourdes (Figure 8)



**Figure 8:** (Prévalence de la présence des microplastiques observés dans les coques et les palourdes.

Une prévalence de **47 %** a été observée sur les coques et **33 %** pour les palourdes.

**2- Quantification du nombre de particules par gramme de chair des espèces étudiées par secteur**

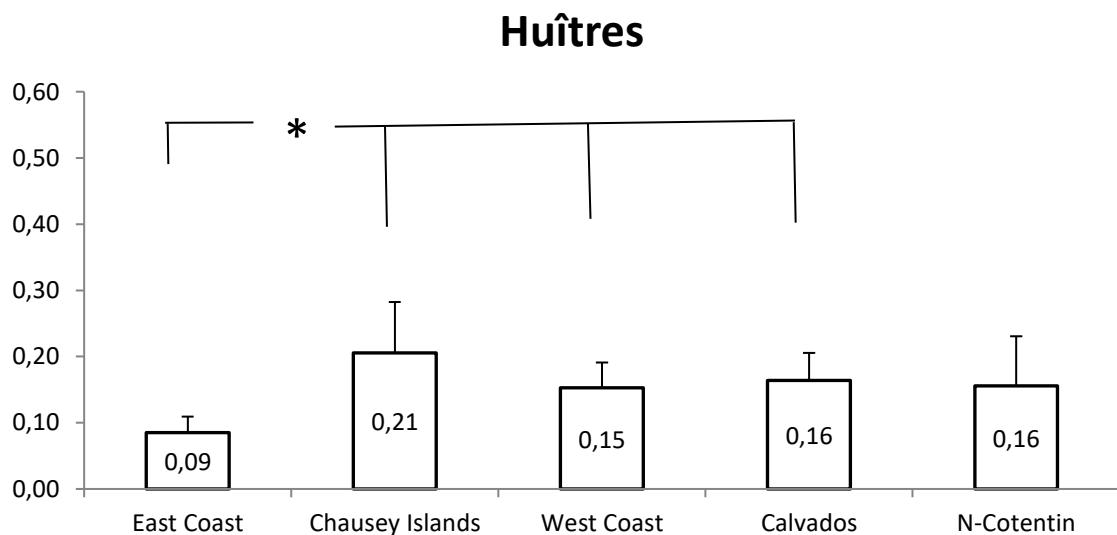
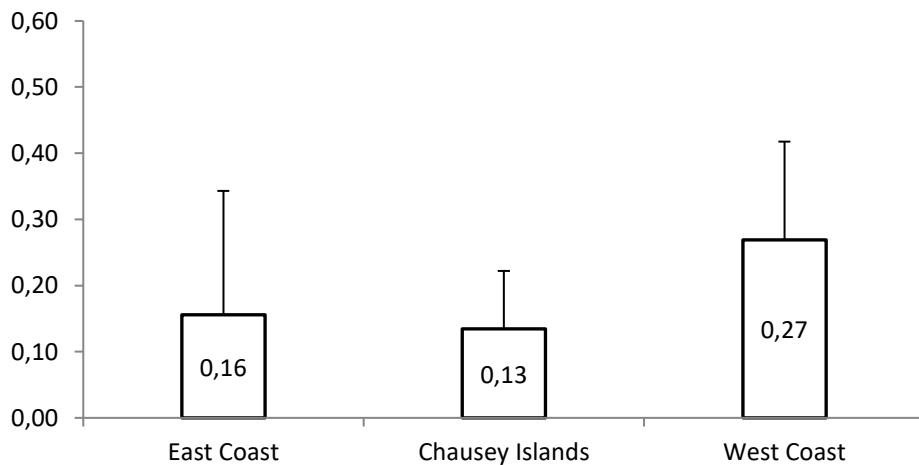


Figure 9: Nombre de particules par gramme de chair d'huître (I.C.95).

Le nombre de particules de microplastiques (retrouvé dans les huîtres (figure 9) du site de Chausey est en moyenne de  $0,21 \text{ g}^{-1} \pm 0,08 \text{ g}^{-1}$  I.C.95. Pour les huîtres élevées sur la côte Ouest, le Nord-Cotentin et la côte calvados, les valeurs sont respectivement de  $0,15 \text{ g}^{-1} \pm 0,04 \text{ g}^{-1}$  I.C.95,  $0,16 \text{ g}^{-1} \pm 0,04 \text{ g}^{-1}$  I.C.95 et  $0,16 \text{ g}^{-1} \pm 0,08 \text{ g}^{-1}$  I.C.95.

Sur la côte Est Cotentin, une valeur moyenne de  $0,09 \text{ g}^{-1} \pm 0,02 \text{ g}^{-1}$  I.C.95 a été observée, significativement inférieure à celles de Chausey, de la côte Ouest et de la côte Calvados ( $p < 0,05$ ) mais non différente de celle du Nord-Cotentin ( $p = 0,96$ ).

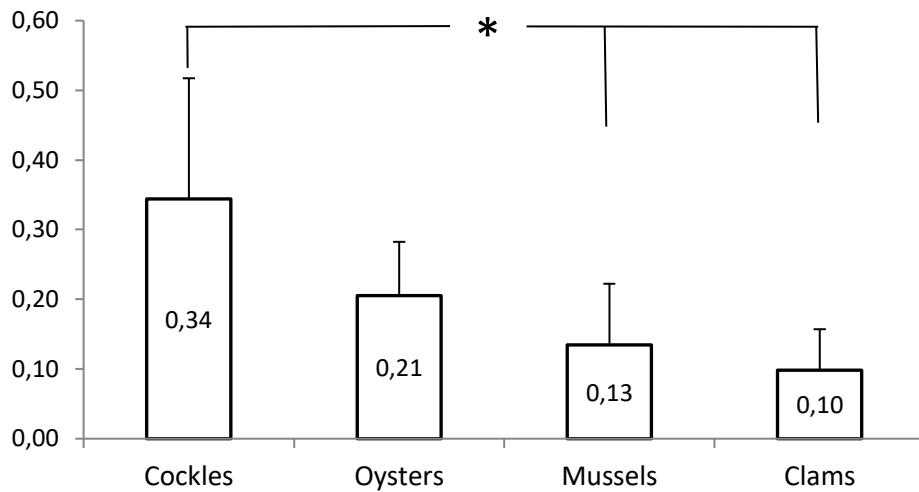
## Moules



**Figure 10:** Nombre de particules par gramme de chair de moule (I.C.95).

Avec des valeurs moyennes mesurées de **0,13 g<sup>-1</sup> +/- 0,09 g<sup>-1</sup> I.C.95** pour les moules de Chausey, **0,16 g<sup>-1</sup> +/- 0,19 g<sup>-1</sup> I.C.95** pour les moules de la Côte Est (Utah) et **0,27 g<sup>-1</sup> +/- 0,15 g<sup>-1</sup> I.C.95** pour les moules de la Côte Ouest, aucune différence significative n'a pu être observée entre les secteurs ( $p > 0,05$ ) (figure 10).

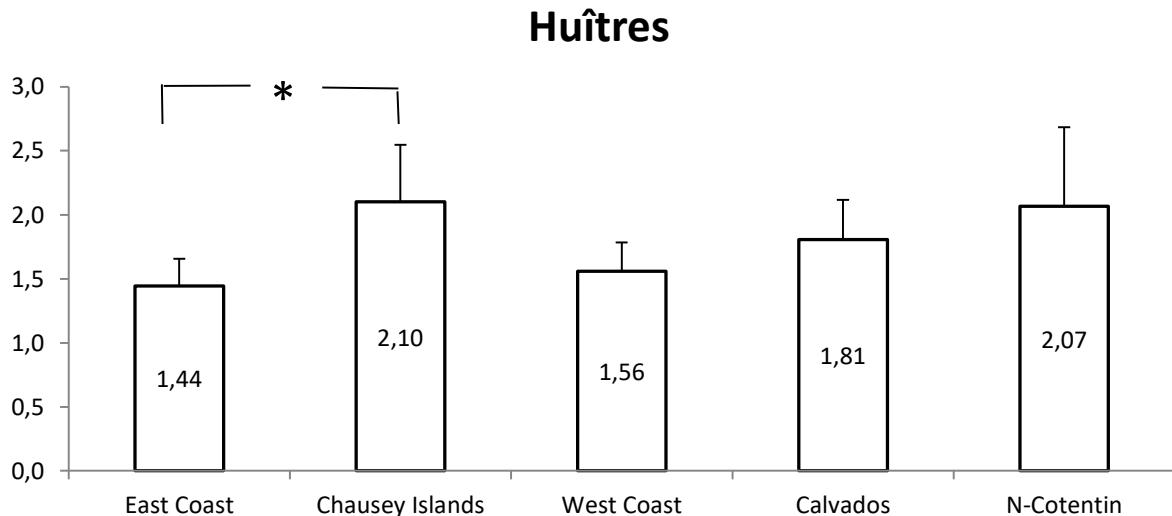
## Chausey Islands



**Figure 11:** Nombre de particules par gramme de chair des 4 espèces élevées à Chausey (I.C.95).

Les palourdes (clams) élevées à Chausey contiennent **0,10 g<sup>-1</sup> +/- 0,06 g<sup>-1</sup> I.C.95**. Une valeur moyenne de **0,34 g<sup>-1</sup> +/- 0,17 g<sup>-1</sup> I.C.95** est retrouvée pour les coques (Cockles), quantité significativement supérieure à celles observées sur les moules et les palourdes ( $p = 0,01$ ) (figure 11).

### 3- Quantification du nombre de particules par individu par secteur

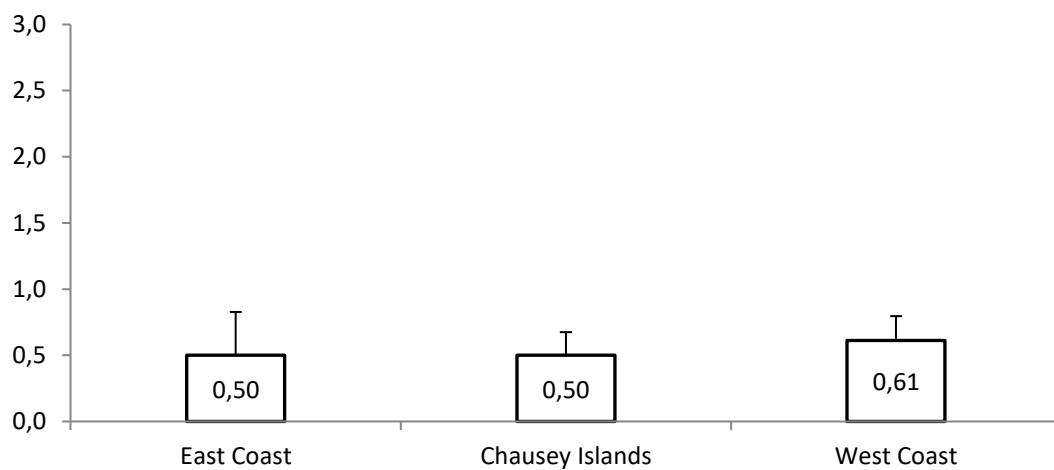


**Figure 12:** Nombre de particules par huître (I.C.95).

C'est à Chausey et dans le Nord-Cotentin que l'on retrouve le nombre moyen de particule par huître le plus élevé avec respectivement **2,10 particule**  $+/-.45$  particule I.C.95 et **2,07 particule**  $+/-.62$  particule I.C.95.

Le nombre moyen s'étend ensuite en moyenne de **1,44 particule**  $+/-.21$  particule I.C.95 sur la côte Est, significativement supérieur à la quantité moyenne retrouvée dans les huîtres de Chausey ( $p = 0,02$ ) à **1,81 particule**  $+/-.31$  particule I.C.95 sur la côte calvados (figure 12).

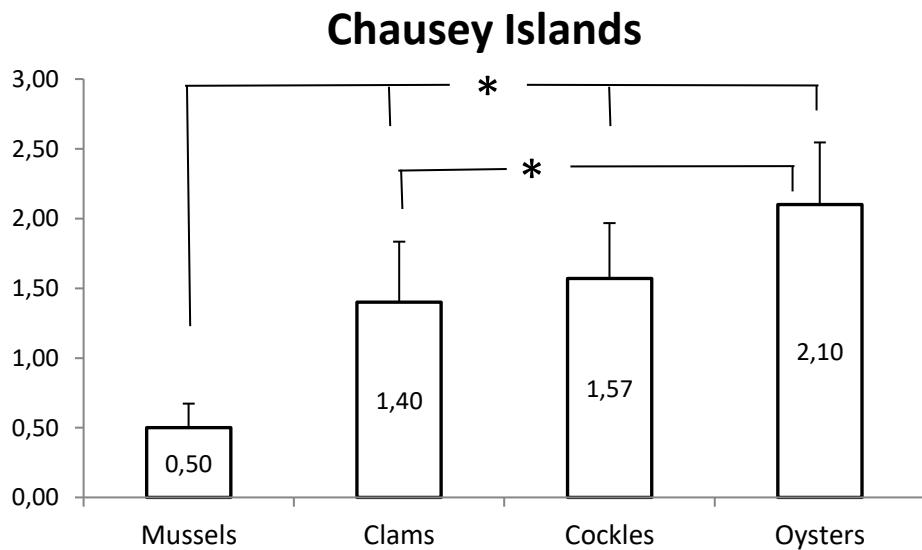
### Moules



**Figure 13:** Nombre de particules par moule (I.C.95).

Pour les moules, la quantité moyenne de particule observée est plus faible avec **0,50 particule**  $+/-.33$  particule I.C.95 sur la côte Est (Utah), **0,50 particule**  $+/-.17$  particule I.C.95 à Chausey et **0,61 particule**  $+/-.18$  particule I.C.95 sur la Côte ouest (figure 13).

Aucune différence n'est observée entre ces sites de production ( $p > 0,05$ ).



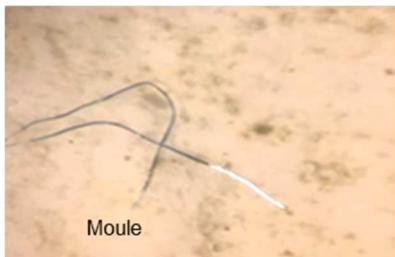
**Figure 14:** Nombre de particules par espèce étudiée à Chausey (I.C.95).

Le nombre moyen de particules retrouvé dans les coques et les palourdes se situe entre celui des huîtres (le plus élevé) et celui des moules (le plus faible) sur les sites d'élevage de Chausey (figure 14).

Ainsi, une palourde (clam) contient en moyenne **1,40 particule +/- 0,43 particule I.C.95** et une coque (Cockles) **1,57 particule +/- 0,47 particule I.C.95**.

La contamination des moules par les microplastiques est significativement inférieure à celle des autres espèces ( $p < 0,01$ ) et celle observée dans les huîtres est significativement supérieure à celle des palourdes ( $p = 0,03$ ).

#### 4- Typologie des particules observées



Au cours de l'évaluation de la présence des particules de microplastique, deux grandes catégories de forme sont observées :

- **Les fibres** (figure 15 : moule)
- **Les morceaux** (figure 15 : huître)



Ainsi, il est possible d'évaluer les proportions de ces deux formes retrouvées.

D'autre part la couleur de ces particules étant également précisée, 5 ont été observées : **bleue, rouge, noire, beige et verte**.

**Figure 15:** Forme des particules de microplastique observées.

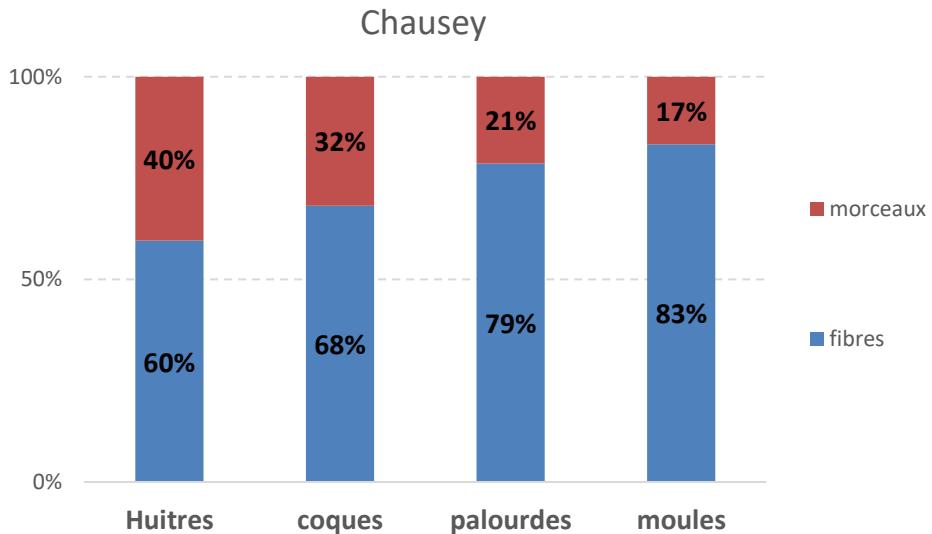
D'une manière générale, les fibres sont très majoritairement retrouvées quelle que soit l'espèce étudiée (tableau 1) :

	Fibres (fibers)	Morceaux (pieces)
<b>Moules</b>	92 %	8 %
<b>Palourdes</b>	79 %	21 %
<b>Huîtres</b>	68 %	32 %
<b>Coques</b>	68 %	32 %

**Tableau 1 :** proportion des formes de particules en fonction des espèces tous sites confondus

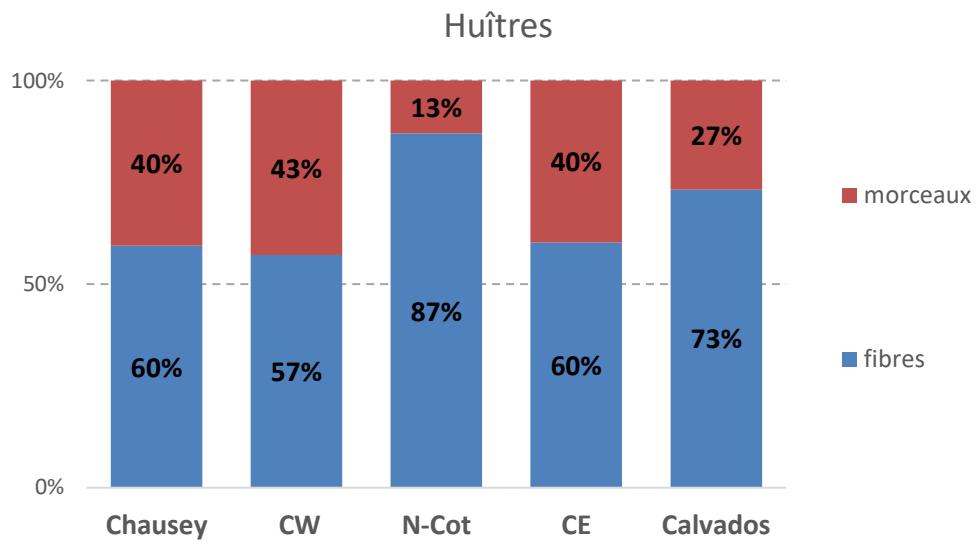
Notons que pour les moules cette proportion de fibre est très importante, il en est de même dans une moindre mesure pour les palourdes.

Par contre pour les huîtres et les coques, la proportion de morceaux représente tout de même un tiers des particules observées.



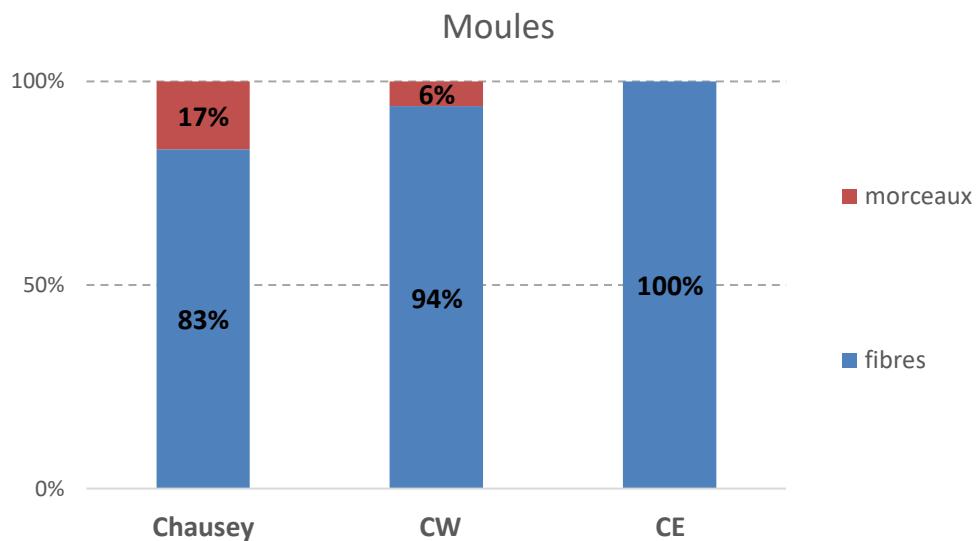
**Figure 16:** proportion des formes de particules en fonction des espèces étudiées à Chausey.

Chausey étant le seul site sur lequel toutes les espèces sont présentes, un comparatif inter-espèce est possible pour un même écosystème (figure 16). Celui-ci montre que les fibres sont en proportion importante dans les moules et les palourdes représentant environ 80% des particules observées. Elles tendent à être moins présentes pour les coques et les huîtres mais restent la forme majoritaire.



**Figure 17:** proportion des formes de particules retrouvées dans les huîtres en fonction des secteurs d'élevage.

La comparaison inter-sites des différentes formes de particules détectées dans les huîtres (figure 17), indique que c'est dans le Nord-Cotentin (Fermanville) que les fibres sont très majoritaires. Elles restent très présentes sur la côte Calvados et semblent être en proportion assez équivalente sur les côtes Ouest et Est y compris au large à Chausey.



**Figure 18:** proportion des formes de particules retrouvées dans les moules en fonction des secteurs d'élevage.

Avec les moules de la côte Est à Utah, les formes de type « morceaux » sont complètement absentes, les fibres représentant la totalité des particules de microplastique détectées. Les morceaux apparaissent faiblement sur la côte Ouest et de manière significative sur le secteur de Chausey (Figure 18).

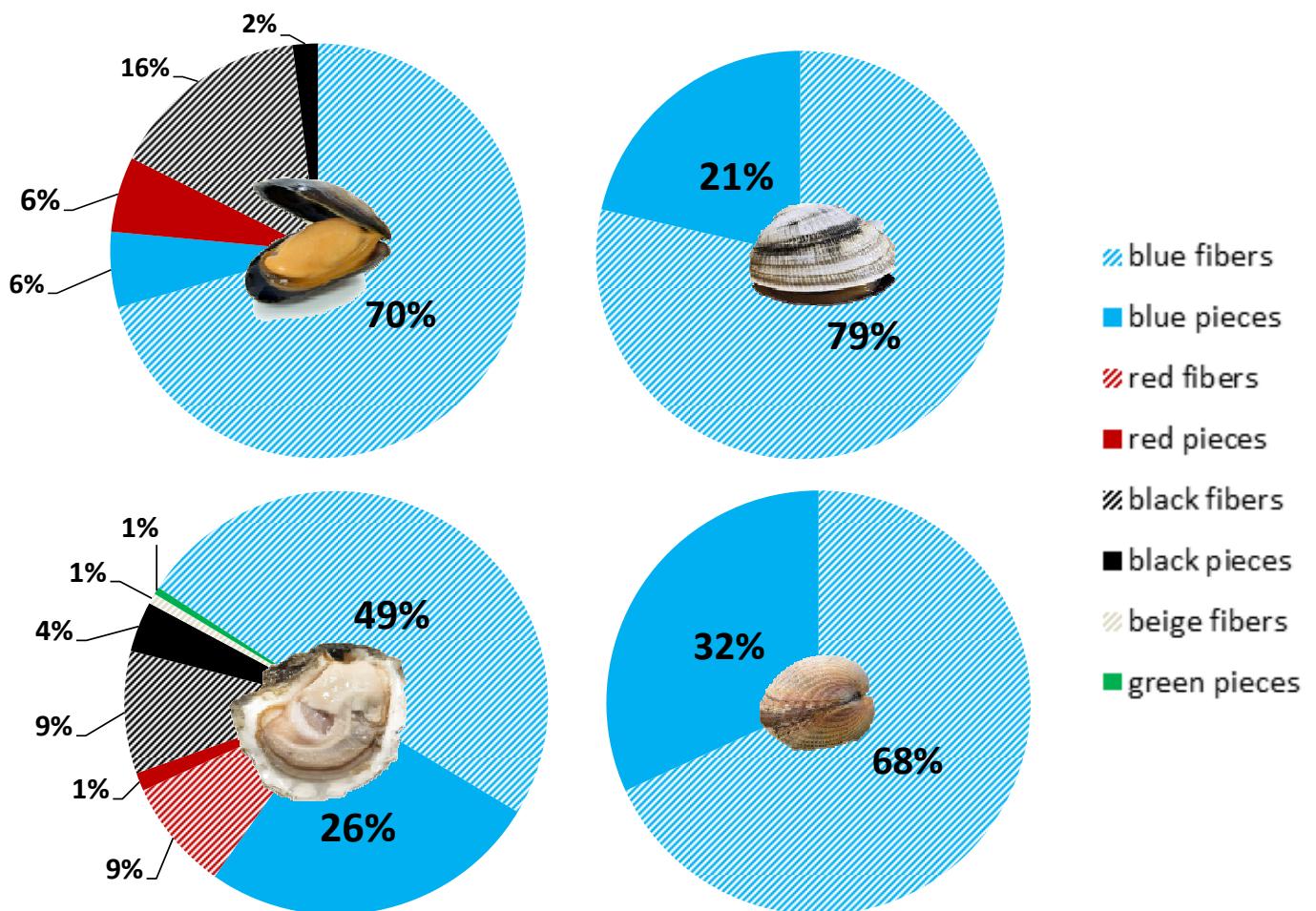


Figure 19: proportion des formes et couleurs de particules observées dans les espèces étudiées.

Les particules de microplastiques observées sont très majoritairement de couleur bleue pour toutes les espèces et quelle que soit leur forme (Figure 19).

Les autres couleurs sont uniquement retrouvées chez les filtreurs moules et huîtres.

## Discussion

Depuis plusieurs années, des investigations ont démontré la présence récurrente des microplastiques dans le milieu marin. Nous le verrons plus tard, ce sujet est source d'inquiétude pour les consommateurs de produits de la mer et représente par conséquent un enjeu sensible et fort pour les professionnels de la mer. La conchyliculture, élevage conduit en milieu ouvert subit également ce type de contamination.

La commande passée par le CRC-NMDN n'était pas de vérifier si en Normandie les produits conchyliques pouvaient être indemnes car malheureusement il ne subsistait aucun doute sur la présence de microplastiques dans notre milieu. Cependant, Si quelques investigations avaient pu être faites ponctuellement sur certains cheptels, notamment des moules, il n'existe pas de réelle évaluation de cette contamination à l'échelle de la Normandie conchylique.

Ce projet constitue donc le premier recensement de la présence des microplastiques dans les produits conchyliques de Normandie et constitue la première évaluation quantitative de cette contamination.

### **Une contamination avérée par les microplastiques**

Ainsi, les résultats de ce programme montrent qu'en effet, aucune catégorie d'élevage n'échappe à cette contamination puisque dans tous les cas, quelle que soit l'espèce élevée et quel que soit le site de production, tous les élevages sont touchés. Ces particules impactent les différents maillons trophiques (Lönnstedt & Eklöv, 2016 ; Moore et al., 2008 ; Thompson et al., 2009), les filtreurs et fousseurs élevés en Normandie n'y échappent pas.

Les valeurs de prévalence qui ont pu être observées indiquent que sur les milieux côtiers Ouest et Est, en moyenne, la moitié des animaux contiennent des particules de microplastiques. Cette prévalence est un peu plus élevée en moyenne sur la côte du Calvados. En effet, ces élevages ostréicoles sont sous l'influence de la Baie des Veys alimentée par un très large bassin versant. Notons que c'est le site de Géfosse, directement situé à l'embouchure de la baie que la prévalence atteint 70 %. Notons également qu'une station située au cœur même des concessions (nommée BDV dans l'étude), révèle une prévalence plus faible, sans doute le reflet d'une déplétion par rapport à la prose de nourriture (phénomène décrit et démontré dans le cadre des travaux OGIVE).

Il a été établi que les flux de pollution plastique proviennent des bassins versants (Eriksen et al., 2014 ; Castaneda et al., 2014 ; Mani et al., 2016) et peuvent être différents en fonction des débits des rivières, du positionnement géographique des sites d'élevage et donc des courants résiduels de marée environnant ces sites d'élevage (Derraik, 2002). Observons par exemple que sur la partie occidentale de la Baie des Veys, les huîtres élevées à Utah Beach présentent une prévalence moindre.

Ces observations peuvent également être faites pour l'ensemble des sites. Cependant force est de constater que cette contamination est plus largement présente dans les masses d'eau (Galgani et Loubersac, 2016). Les résultats obtenus sur les élevages de l'archipel des îles Chausey situées en milieu plus océanique, le montrent avec de fortes prévalences (Huîtres : 67 %).

### Des premières données quantitatives acquises

La contamination retrouvée dans les animaux aquatiques dépend, nous l'avons vu, du flux de pollution et de l'importance de celle-ci dans le milieu. Cependant, des différences peuvent apparaître en fonction des espèces. L'ingestion et les effets des microplastiques sur les organismes marins ont été signalés chez de nombreux organismes comme les crustacés tels que *Lepas spp.* et la langoustine commune, *Nephrops norvegicus*. De même, Van Cauwenbergh et ses collaborateurs ont mis en évidence en 2015 la présence de microplastiques chez *Arenicola marina*, un organisme vivant dans le sédiment. Pour les mollusques et en particulier *Mytilus edulis*, la charge en microplastiques était de  $0,2 \pm 0,3$  particules de plastique par gramme de tissu, ce qui représente environ une particule par individu (De Witte et al., 2014, Van Cauwenbergh et Janssen, 2014), alors qu'elle est de  $1,2 \pm 2,8$  particules par gramme pour *Arenicola marina*. Cette faible charge en microplastiques comparée à celle d'*Arenicola marina* est potentiellement due à la différence qui existe entre les modes d'alimentation de ces deux organismes. En effet, *Mytilus edulis* est un filtreur sélectif, elle n'ingère que des microalgues et des particules de taille et de forme appropriées, tout en rejetant d'autres particules via des pseudo-fèces alors que *Arenicola marina* est non sélectif et ingère la totalité des sédiments afin de se nourrir de la matière organique associée. C'est aussi le cas de la crevette *Crangon crangon*, qui a été le sujet d'une étude réalisée par Devriese et al. (2015), dans les zones de la Manche et de la mer du Nord.

Dans cette étude, il est possible d'inter-comparer les résultats obtenus en fonction des espèces grâce à l'échantillonnage réalisé sur l'archipel des îles Chausey. Nous disposons de deux exemples de filtreurs avec la moule *Mytilus edulis* et l'huître *Crassostrea gigas* et de deux types de fouisseurs avec la coque *Cerastoderma edule* et la palourde japonaise *Ruditapes philippinarum*.

Rapporté au poids de chair, c'est la coque qui présente le nombre de particules le plus élevé devant l'huître et la palourde, la moule présentant les plus faibles teneurs. En nombre de particules par individu, c'est l'huître qui présente les plus fortes valeurs devant les deux espèces de fouisseurs, la moule présentant toujours le taux le plus faible.

Ainsi d'une manière générale, la moule semble être l'espèce la moins contaminée. Cela peut s'expliquer selon deux hypothèses, l'une alliant physiologie et zootechnique et l'autre strictement méthodologique.

En effet, en tant que filtreur, la moule présente une capacité de filtration importante ce qui lui permet d'opérer une dépuraction notable. Ainsi, selon les travaux de Van Cauwenbergh (2015), les concentrations retrouvées avant et après dépuraction démontrent qu'il peut y avoir un abattement significatif de la contamination par les microplastiques. Or, selon ces auteurs cette dépuraction est observée aussi bien sur les huîtres que sur les moules. Les résultats de cette étude montrent que globalement la contamination des moules reste toujours plus faible. D'un point de vue zootechnique, les moules sont immergées dans la masse d'eau mais plus éloignées du sol de par leur positionnement sur les pieux verticaux. Il peut être envisagé qu'elles puissent se contaminer et s'auto-dépurer selon les flux de pollution des masses d'eau. Les sédiments peuvent être le siège d'une accumulation importante de la pollution microplastiques (Frère, 2017). Aussi, l'huître élevée en poche plus proches du sol pourrait filtrer de manière active la contamination des masses d'eaux et celles des sédiments. Des travaux sur le régime alimentaire des huîtres ont montré que celles-ci disposent principalement d'une alimentation planctonique mais que dans certaines conditions elles ont accès en complément à une alimentation microbenthique de manière non négligeable (Lefebvre et al, 2009 ; Grangeré et al, 2012).

Quant aux fouisseurs, sans doute ont-ils une capacité de dépuration moins importante qu'un filtreur strict mais restent impactés par la présence notable de la contamination des masses d'eau mais également de celle s'accumulant à la surface des sols dans les sédiments. La différence entre coques et palourdes pourrait s'expliquer par leur positionnement au sein des sédiments légèrement différent, la coque vivant moins en profondeur, ayant accès plus souvent aux bio-dépôts de surface.

L'autre hypothèse pouvant expliquer les plus faibles teneurs observées chez les moules, pourrait éventuellement provenir de la méthodologie appliquée. En effet si le traitement de toutes les autres espèces a été réalisé individu par individu, le traitement des moules a été réalisé à partir de pools de trois individus. Cela pourrait rendre éventuellement l'observation des microparticules moins aisée.

Cependant, les valeurs retrouvées au cours de cette étude sont cohérentes avec celles issues de la bibliographie (Annexe 3). Ainsi, d'une manière générale et en ne ciblant que les élevages d'huîtres et de moules (dont la répartition spatiale au sein de la Normandie est la plus grande, globalisant plusieurs écosystèmes), les résultats en concentration par gramme de chair obtenus sur les moules (**0,21**  $\pm$  0,09 particule/g I.C.95), sont très proches de celles décrites après dépuration sur les moules d'élevage provenant de la Mer du Nord (0,24  $\pm$  0,07 particule /g) ou sauvages provenant de France, Belgique et Mer du Nord (0,20  $\pm$  0,3 particules de plastique/g). La contamination moyenne régionale des huîtres est significativement plus faible (**0,14**  $\pm$  0,02 particule /g I.C.95) que celles obtenues par les mêmes auteurs sur des huîtres provenant de la côte Atlantique (0,35  $\pm$  0,05 particules de plastique/g) (Van Cauwenberghe, 2015).

Si l'on compare selon l'indicateur nombre de particules/individu, les moules normandes contiennent en moyenne **0,57**  $\pm$  0,13 particule/individu I.C.95, valeurs similaires à celles obtenues par Phuong (2017) (0,60  $\pm$  0,56 particule/individu) sur des moules d'élevage provenant de Bretagne et les huîtres normandes contiennent en moyenne **1,71**  $\pm$  0,15 particule/individu I.C.95, valeur également similaire à celles obtenues par le même auteur (2,10  $\pm$  1,71 particules/ individu) avec des huîtres d'élevage de Bretagne.

## Caractérisation de cette pollution microplastique

Comme les observations l'ont montré, deux types de forme caractérisent la pollution par les microplastiques : fibres et morceaux.

En adéquation avec les données bibliographique disponibles, les fibres sont largement la forme majoritaire et représentent entre **68 %** (huîtres, coques) et **92 %** (moules) des particules retrouvées dans nos espèces cibles. Ces proportions fluctuent légèrement en fonction des écosystèmes. Il a été observé une proportion très forte (87 %) de fibres dans les huîtres du Nord-Cotentin alors que dans les huîtres des autres secteurs cette proportion varie de 57 % sur la côte Ouest à 73 % sur la côte Calvados. Chez les moules, sans doute en raison d'une capacité sélective de filtration très efficace, la forme de type morceau n'est pas retrouvée à Utah Beach sur la côte Est ou alors dans des proportions très faibles allant de 6 % sur la côte Ouest à 17 % à Chausey.

Enfin, dans un même écosystème (Chausey), il a été observé un différentiel entre les espèces cibles étudiées, la proportion de morceau la plus faible étant retrouvée chez les moules, celle-ci augmentant pour les palourdes, les coques et atteignant la proportion la plus élevée (40 %) pour les huîtres.

Ces constats reflètent les dispositions et stratégie de tri que ces différentes espèces peuvent avoir en fonction de leur anatomie, leur physiologie et leur mode de vie.

## Une origine de pollution particulière différente ?

Comme indiqué en introduction, il n'a pas été possible de développer au sein de cette étude une caractérisation de la nature chimique des microplastiques retrouvés. Cette voie d'investigation reste toutefois possible car tous les échantillons ont été conservés et pourront être analysés dès que des moyens adéquats seront accessibles.

Cependant, l'observation visuelle utilisée ici pour quantifier les particules, a servi également à déterminer la couleur de ces particules. Sans bien entendu apporter d'éléments précis sur la nature des plastiques, cette indication peut éventuellement apporter une vision globale de l'origine différenciée de cette pollution.

Ainsi de manière très nette, il a pu être mis en évidence que si **les particules de couleur bleue étaient très majoritairement retrouvées** dans toutes les espèces tous sites confondus, **seules les filtreurs moules et huîtres ont révélé d'autres couleurs de particules** (rouge, noire, verte, beige). Ces deux espèces ont bien entendu fait l'objet d'un échantillonnage beaucoup plus conséquent car elles constituent la très grande majorité des élevages conchylicoles en Normandie et d'autre part, les coques et les palourdes ne sont représentées que dans un seul site (Chausey). Cependant, cette tendance se confirme puisqu'à Chausey des particules de couleur rouge et noire ont été observées

dans les huîtres et des particules de couleur rouge ont été observées dans les moules en plus des particules majoritairement bleues.

Ainsi, les sources de contamination des huîtres et des moules semblent plus variées que celles contaminant les coques et les palourdes ou bien les huîtres et les moules, filtreurs actifs, accumulent une variété plus importante de particules.

Initialement la profession souhaitait obtenir une évaluation objective de la pollution de son cheptel par les microplastiques mais également l'identification d'une potentielle contamination issue des plastiques utilisés en conchyliculture. Autrement dit, les cheptels subissent-ils une pollution extérieure globale ou subissent-ils également pour une part, une auto-contamination par le biais de tous les éléments plastiques fortement développés et utilisés en conchyliculture ?

Ayons l'honnêteté d'avouer ne pouvoir répondre à cette seconde question d'une part parce que ce protocole ne s'y prête pas et parce que les méthodes fines d'identification et de traçage sont difficiles à mettre en œuvre. Cependant relevons juste que la zootechnie déployée pour les huîtres et les moules génère énormément d'éléments plastique (filets, élastique, poches, etc...). Dans le cas des fousseurs seules les palourdes sont protégées pendant un 1/6<sup>ième</sup> de la durée d'élevage par des filets. Il peut donc être relevé que cette question est tout à fait pertinente et constitue l'une des perspectives d'investigation future que nous pouvons proposer.

## Conclusion

La présence de microplastiques dans les produits de la mer constitue un nouvel enjeu sensible qui vient s'ajouter autres enjeux sanitaires. La profession conchylicole normande, face à une médiatisation de plus en plus importante sur le sujet, souhaitait obtenir un état des lieux de cette contamination dans ses secteurs d'élevage. En effet, il n'existe pas de données à ce sujet en 2016, exception faite de quelques points d'échantillonnage réalisés dans la région pour des études plus globales. Aussi, ce programme apporte pour la première fois une vision de la présence de microplastiques sur l'ensemble des secteurs conchyliques de la Manche et du Calvados.

Sans surprise, **tous les cheptels sans exception révèlent une présence** de particules plastiques et ce dans tous les secteurs. La prévalence moyenne à l'échelle de la région, toutes espèces confondues est de **48,5 % soit globalement moins d'un individu sur deux** atteint par cette contamination.

Par espèce, en moyenne, il a été observé que **56 % des huîtres, 47% des coques, 42% des moules et 33 % des palourdes** contiennent des particules.

Les quantités moyennes mesurées peuvent varier en fonction des espèces et des secteurs. En effet certains secteurs semblent plus sensibles car soumis à des apports de bassins versant importants comme la baie des Veys, mais un site plus océanique comme Chausey révèle également une présence importante de particules dans les huîtres.

Les moules semblent contenir moins de particules que les autres espèces, potentiellement en raison d'une capacité de dépuration plus importante ou grâce à une zootechnie qui leur permettrait de moins se contaminer ou de plus s'épurer, étant plus éloignées des sédiments.

Les fouisseurs présentent également un différentiel de contamination entre les coques, plus fortement impactées, et les palourdes qui le sont moins, en raison sans doute d'un positionnement différent (coque plus en surface que les palourdes) au sein des sédiments, ces derniers étant le siège d'une accumulation de particules.

Si la présence des microplastiques est avérée dans les produits normands, les niveaux de contamination ne sont pas plus importants qu'ailleurs. Avec **0.57 ± 0,13 particule/ individu I.C.95** en moyenne dans les moules et **1.71 ± 0,15 particule/individu I.C.95**, dans les huîtres, la contamination est du même ordre de grandeur que celle mesurée dans d'autres régions de France.

La caractérisation des particules est également en cohérence avec les données de la littérature scientifique puisque **les fibres constituent la très grande majorité des particules**, les morceaux étant minoritaires dans tous les secteurs quelle que soit l'espèce cible.

Enfin si la couleur d'une particule peut être une indication de la source origine des particules, tous les secteurs normands (toutes espèces confondues) subissent la présence de particules de couleur **bleue, couleur toujours majoritaire** quelle que soit la forme. Cela traduirait donc un flux similaire de la grande majorité de la contamination dans tous les écosystèmes ou un type de contaminant facilement assimilable par toutes les espèces cibles. D'autre part, il a été constaté que seules **les huîtres et les moules pouvaient contenir des particules d'autres couleurs** (noires, vertes, rouges, beige). Cela pourrait provenir d'une **assimilation différenciée des filtreurs** par rapport aux fousseurs ou à la **présence de sources plus variées** de contaminants microplastiques pour les huîtres et les moules.

Il serait donc intéressant de poursuivre ce travail en abordant le sujet d'une auto-contamination provenant des matériaux utilisés en conchyliculture et plus précisément en mytiliculture et ostréiculture, grandes consommatrices de produits plastiques.

N'ayant pu approfondir la caractérisation des types de plastiques retrouvés au-delà de leur forme et leur couleur, il serait intéressant également de pouvoir caractériser les échantillons retrouvés et stockés pour en déterminer la nature chimique.

D'autre part, il pourrait être intéressant de croiser ces premiers résultats sur les cheptels conchyliocoles avec des données issues d'études sur le milieu proprement dit (masses d'eau littorales, sédiments, rivières etc.)

Cette étude a permis d'obtenir pour la première fois une image globale à l'échelle de la conchyliculture normande de la présence des microplastiques. En se reposant sur le même plan d'échantillonnage qu'offrent les réseaux conchyliocoles, il pourrait être proposé de reconduire une nouvelle évaluation de manière à appréhender l'aspect évolution temporelle de cette pollution.

## Bibliographie

- Andrady, A.L., 2011.** Microplastics in the marine environment. Mar Pollut Bull. 62, 1596-1605.
- Browne, M.A., Galloway, T., Thompson, R., 2007.** Microplastic--an emerging contaminant of potential concern? Integr Environ Assess Manag. 3, 559-561.
- Carpenter, E.J., Anderson, S.J., Harvey, G.R., Miklas, H.P., Peck, B.B., 1972.** Polystyrene spherules in coastal waters. Science. 178, 749-750.
- Castañeda, R. A., Avlijas, S., Simard, M. A., & Ricciardi, A. 2014.** Microplastic pollution in St. Lawrence river sediments. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 71(12), 1767-1771.
- Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C., Galloway, T.S., 2011.** Microplastics as contaminants in the marine environment: a review. Mar Pollut Bull. 62, 2588-2597.
- Dehaut, A., Cassone, A.L., Frère, L., Hermabessiere, L., Himber, C., Rinnert, E., Rivière, G., Lambert, C., Soudant, P., Huvet, A., Duflos, G., Paul-Pont, I., 2016.** Microplastics in seafood: Benchmark protocol for their extraction and characterization. Environ Pollut. 215, 223-233.
- Derraik, J. G. 2002.** The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. Marine pollution bulletin, 44(9), 842-852.
- Devriese, L.I., van der Meulen, M.D., Maes, T., Bekaert, K., Paul-Pont, I., Frère, L., Robbens, J., Vethaak, A.D., 2015.** Microplastic contamination in brown shrimp (*Crangon crangon*, Linnaeus 1758) from coastal waters of the Southern North Sea and Channel area. Mar Pollut Bull. 98, 179-187.
- De Witte, B., Devriese, L., Bekaert, K., Hoffman, S., Vandermeersch, G., Cooreman, K., Robbens, J., 2014.** Quality assessment of the blue mussel (*Mytilus edulis*): comparison between commercial and wild types. Mar. Pollut. Bull. 85, 146e155.
- Eriksen, M., Lebreton, L.C., Carson, H.S., Thiel, M., Moore, C.J., Borerro, J.C., Galgani, F., Ryan, P.G., Reisser, J., 2014.** Plastic Pollution in the World's Oceans: More than 5 Trillion Plastic Pieces Weighing over 250,000 Tons Afloat at Sea. PLoS One. 9, e111913.
- Farrell, P., Nelson, K., 2013.** Trophic level transfer of microplastic: *Mytilus edulis* (L.) to *Carcinus maenas* (L.). Environ Pollut. 177, 1-3.
- Frère, L. 2017.** Les microplastiques : une menace en rade de Brest ? (Doctoral dissertation, Brest).
- Galgani, F., & Loubersac, L. 2016.** Les macro-déchets en mer. Tai Kona, (16), 26-49.
- Garric, A. 2012.** Le 7e continent de plastique : ces tourbillons de déchets dans les océans. Le monde, 9.
- Grangere, K., Lefebvre, S., & Blin, J.L. 2012.** Spatial and temporal dynamics of biotic and abiotic features of temperate coastal ecosystems as revealed by a combination of ecological indicators. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 108, 109–118.

- Jambeck, J.R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T.R., Perryman, M., Andrade, A., Narayan, R., Law, K.L., 2015.** Marine pollution. Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*. 347, 768-771.
- Lambert, S., Sinclair, C., Boxall, A., 2014.** Occurrence, degradation, and effect of polymer-based materials in the environment. *Rev Environ Contam Toxicol*. 227, 1-53.
- Lefebvre, S., Marin Leal, J. C., Dubois, S., Orvain, F., Blin, J. - L., Bataille, M. - P., et al. 2009.** Seasonal dynamics of trophic relationships among co-occurring suspension-feeders in two shellfish culture dominated ecosystems. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 82(3), 415–425.
- Lönnstedt, O. M., & Eklöv, P. 2016.** Environmentally relevant concentrations of microplastic particles influence larval fish ecology. *Science*, 352(6290), 1213-1216.
- Mani, T., Hauk, A., Walter, U., & Burkhardt-Holm, P. 2015.** Microplastics profile along the Rhine River. *Scientific reports*, 5, 17988.
- Moore, C.J., 2008.** Synthetic polymers in the marine environment: a rapidly increasing, long-term threat. *Environ Res*. 108, 131-139.
- Phuong, N.N., Poirier, L., Pham, Q.T., Lagarde, F., Zalouk-Vergnoux, A., 2017.** Factors influencing the microplastic contamination of bivalves from the French Atlantic coast: Location, season and/or mode of life? *Mar Pollut Bull*.
- Plastics Europe, 2015.** Plastics - the Facts 2015: an Analysis of European Plastics Production, Demand and Waste Data
- Ryan, P.G., Moore, C.J., van Franeker, J.A., Moloney, C.L., 2009.** Monitoring the abundance of plastic debris in the marine environment. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*. 364, 1999-2012.
- Shim, W.J., Thomposon, R.C., 2015.** Microplastics in the Ocean. *Arch Environ Contam Toxicol*. 69, 265-268.
- Thompson, R.C., Moore, C.J., vom Saal, F.S., Swan, S.H., 2009.** Plastics, the environment and human health: current consensus and future trends. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*. 364, 2153-2166.
- Van Cauwenberghe, L., Claessens, M., Vandegehuchte, M.B., Janssen, C.R., 2015.** Microplastics are taken up by mussels (*Mytilus edulis*) and lugworms (*Arenicola marina*) living in natural habitats. *Environ Pollut*. 199, 10-17.
- Van Cauwenberghe, L., Janssen, C.R., 2014.** Microplastics in bivalves cultured for human consumption. *Environ Pollut*. 193, 65-70.
- Wright, S.L., Thompson, R.C., Galloway, T.S., 2013.** The physical impacts of microplastics on marine organisms: a review. *Environ Pollut*. 178, 483-492.

# Annexes

# Annexe 1

## Lettre de commande du CRC-NMdN.


  
**COMITE REGIONAL CONCHYLICULTURE**  
**NORMANDIE/MER DU NORD**

Reçu le 19 JUIL. 2016 S.M.E.L	Synergie Mer et Littoral Monsieur le Président Patrice PILLET Maison du Département Rond Point de la Libérité 50050 SAINT LO Cedex  Gouville sur mer, le 4 juillet 2016
-------------------------------------	---

Ref : 16.07.04.MS  
 Objet : microplastiques  
 Dossier suivi par Manuel SAVARY

Monsieur le Président,

La conchyliculture se pratique en milieu ouvert dans un environnement marin soumis à de multiples contaminations qui peuvent plus ou moins impactées nos élevages de coquillages. Cet impact peut à la fois concerner des enjeux sanitaires vis-à-vis de la consommation humaine de nos coquillages que zoosanitaires concernant la santé des cheptels conchyliocoles.

Ces dernières années et plus particulièrement ces derniers mois, l'opinion publique via notamment les médias s'est fait écho de la problématique des microplastiques en mer. Devant cet enjeu non négligeable, il convient d'anticiper ce sujet, en disposant notamment d'éléments étayés sur la présence et le risque de ces microplastiques dans nos élevages conchyliocoles normands.

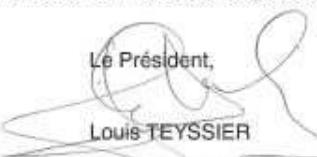
Nous avons la chance de disposer en Normandie des compétences complémentaires et coordonnées du SMEL et de LABEO, qui sont à même de pouvoir répondre aux objectifs indiqués ci-dessus. C'est pourquoi nous avons l'honneur de solliciter le SMEL en vue d'engager une réflexion et la mise en place d'une étude sur les microplastiques dans les coquillages élevés en Normandie.

Cette étude aurait pour but premier de dresser un état de l'art sur cette problématique en Normandie (méthodes d'analyses pertinentes, concentrations retrouvées dans les cheptels normands, risque éventuel). Des suivis plus poussés, notamment en terme de risques de contamination nécessiteraient une discussion préalable entre le CRC et les partenaires concernés.

Une communication autour de ce sujet maîtrisée permettra de gérer l'impact de données en cours de validation, cet aspect devra faire l'objet d'une coordination et d'une gouvernance entre les structures participantes.

Compte tenu des réflexions en cours sur la rédaction de convention cadre entre SMEL et CRC et LABEO et CRC (en sachant qu'une convention existe déjà entre SMEL et LABEO), ce projet pourrait s'inscrire dans une déclinaison des conventions cadres établis.

Nous vous prions d'agréer, Monsieur le Président, l'expression de nos salutations respectueuses.

  
 Le Président,  
**Louis TEYSSIER**

Comité Régional De La Conchyliculture Normandie / Mer Du Nord  
 35 Rue du Littoral • BP 5 • 50560 Gourville Sur Mer • Tél : 02 33 76 80 40 - Fax : 02 33 76 80 49 • Email : [crc.normandie@orange.fr](mailto:crc.normandie@orange.fr)

# Annexe 2

## Publication de référence sur les méthodes d'analyses des microplastiques.



### Microplastics in seafood: Benchmark protocol for their extraction and characterization<sup>☆</sup>



Alexandre Dehaut <sup>a</sup>, Anne-Laure Cassone <sup>b</sup>, Laura Frère <sup>b</sup>, Ludovic Hermabessiere <sup>a</sup>, Charlotte Himber <sup>a</sup>, Emmanuel Rinnert <sup>c</sup>, Gilles Rivière <sup>d</sup>, Christophe Lambert <sup>b</sup>, Philippe Soudant <sup>b</sup>, Arnaud Huvet <sup>e</sup>, Guillaume Duflos <sup>a</sup>, Ika Paul-Pont <sup>b,\*</sup>

<sup>a</sup> ANSES, Laboratoire de Sécurité des Aliments, Boulevard du Bassin Napoléon, 62200 Boulogne-sur-Mer, France

<sup>b</sup> Laboratoire des Sciences de l'Environnement Marin (LEMAR), UMR6539/UBO/CNRS/IRD/IFREMER, Institut Universitaire Européen de la Mer, Technopôle Brest-Iroise, Rue Dumont d'Urville, 29280 Plouzané, France

<sup>c</sup> IFREMER, Laboratoire Détection, Capteurs et Mesures (LDCM), Centre Bretagne, Zi de la Pointe du Diable, CS 10070, 29280 Plouzané, France

<sup>d</sup> ANSES, Direction d'Evaluation des Risques, 14 Rue Pierre et Marie Curie, 94701 Maisons-Alfort Cedex, France

<sup>e</sup> IFREMER, Laboratoire des Sciences de l'Environnement Marin (LEMAR), UMR 6539/UBO/CNRS/IRD/IFREMER, 29280 Plouzané, France

#### ARTICLE INFO

Article history:  
Received 9 March 2016  
Received in revised form  
28 April 2016  
Accepted 9 May 2016

#### ABSTRACT

Pollution of the oceans by microplastics (<5 mm) represents a major environmental problem. To date, a limited number of studies have investigated the level of contamination of marine organisms collected *in situ*. For extraction and characterization of microplastics in biological samples, the crucial step is the identification of solvent(s) or chemical(s) that efficiently dissolve organic matter without degrading plastic polymers for their identification in a time and cost effective way. Most published papers, as well as OSPAR recommendations for the development of a common monitoring protocol for plastic particles in fish and shellfish at the European level, use protocols containing nitric acid to digest the biological tissues, despite reports of polyamide degradation with this chemical. In the present study, six existing approaches were tested and their effects were compared on up to 15 different plastic polymers, as well as their efficiency in digesting biological matrices. Plastic integrity was evaluated through microscopic inspection, weighing, pyrolysis coupled with gas chromatography and mass spectrometry, and Raman spectrometry before and after digestion. Tissues from mussels, crabs and fish were digested before being filtered on glass fibre filters. Digestion efficiency was evaluated through microscopic inspection of the filters and determination of the relative removal of organic matter content after digestion. Five out of the six tested protocols led to significant degradation of plastic particles and/or insufficient tissue digestion. The protocol using a KOH 10% solution and incubation at 60 °C during a 24 h period led to an efficient digestion of biological tissues with no significant degradation on all tested polymers, except for cellulose acetate. This protocol appeared to be the best compromise for extraction and later identification of microplastics in biological samples and should be implemented in further monitoring studies to ensure relevance and comparison of environmental and seafood product quality studies.

© 2016 Elsevier Ltd. All rights reserved.

# Annexe 3

Données de concentrations en microplastiques issues de la bibliographie en comparaison avec celles obtenus dans MICROPLAST.

Organismes	Concentration par g chair	Concentration par individu	Localisation	Référence
<i>P. yessoensis</i>		57,2 particules/individu	Chine	Li (2016)
<i>P. viridis</i> et <i>M. edulis</i> d'élevage	1,52 à 5,36 particules/g w. w.	0,77 à 8,22 particules/individu	Chine	Qu et al (2017)
<i>A. marina</i>	1,2 ± 2,8/g		France, Belgique, Mer du Nord	Van Cauwenbergh et Janssen, (2014)
<i>C. crangon</i>	0,68 ± 0,55/g w. w.		Manche Mer du Nord	Devriese et al. (2015)
<i>M. edulis</i> sauvage	0,20 ± 0,3 particules de plastique/g	1 particule/individu	France, Belgique, Mer du Nord	Van Cauwenbergh et Janssen, (2014)
<i>M. edulis</i> d'élevage	0,36 ± 0,07/g w. w. Après dépuration : 0,24 ± 0,07 particules /g w. w.		Mer du Nord	Van Cauwenbergh (2015)
<b>MICROPLAST <i>M. edulis</i></b>	<b>0,21 ± 0,09/g w. w.</b>		<b>Normandie</b>	Blin et al. (2020)
<i>C. gigas</i> d'élevage	0,47 ± 0,16 particules/g w. w. Après dépuration : 0,35 ± 0,05 particules /g w. w.		Océan Atlantique	Van Cauwenbergh (2015)
<b>MICROPLAST <i>C. gigas</i></b>	<b>0,14 ± 0,02/g w. w.</b>		<b>Normandie</b>	Blin et al. (2020)
<i>M. edulis</i> sauvage		178 particules/individu	Halifax, Canada	Mathalon et Hill (2014)
<i>M. edulis</i> d'élevage		126 particules/individu	Halifax, Canada	Mathalon et Hill (2014)
<i>M. edulis</i> d'élevage	0,23 ± 0,20 particule/g w. w.	0,60 ± 0,56 particules/individu	Bretagne, France	Phuong (2017)
<b>MICROPLAST <i>M. edulis</i></b>		<b>0,57 ± 0,13 particules/ individu</b>	<b>Normandie</b>	Blin et al. (2020)
<i>C. gigas</i> d'élevage	0,18 ± 0,16 particule/g w. w.	2,10 ± 1,71 particules/individu	Bretagne, France	Phuong (2017)
<b>MICROPLAST <i>C. gigas</i></b>		<b>1.71 ± 0,15 particules/ individu</b>	<b>Normandie</b>	Blin et al. (2020)

# Annexe 4 : Communication MICROPLAST : Poster

présenté au congrès QUASIMEME à Amsterdam les 27 et 28 novembre 2018.



**Microplastics in norman coastal waters : application of the state of the art in shellfish farming**

CAUVENBERGHES L, DELAUNAY C, SAGUET MESSIAH F, DAUDET D, BIENZELIER J-B, BONNEAU R

SAMES - Laboratoire de Poissons, Agrocampus Ouest, Campus de Villejean, Nantes, France - [www.sames-agrocampus.fr](http://www.sames-agrocampus.fr) - [www.huître-normande.com](http://www.huître-normande.com) - Tél : +33 2 51 83 60 00, fax : +33 2 51 83 60 01, e-mail : [sames@agrocampus.fr](mailto:sames@agrocampus.fr)

**Smel**  
Synergie Mer et Littoral  
Développement & Développement

**KEY WORDS**

Shellfish production, oysters, mussels, clams, microplastics, norman coasts

**Context**

Microplastics in the marine environment is a hot topic and an important issue. They are the subject of many studies since a few years [1, 2, 3]. As Normandy has a large shellfish production, shellfish farmers want to have an inventory of microplastics in their production. The aim of this study is therefore to answer shellfish farmers by making an inventory as complete as possible by sampling all the species raised in Normandy where there is fish producing areas. Hulls and clams are produced in Chausey Islands in addition to mussels and oysters. The sampling plan for these four species relies on the monitoring networks which exists since more than fifteen years on norman coasts [4].

**REFERENCES**

- [1] CAUVENBERGHES L, DELAUNAY C, Microplastics in bivalves cultured for human consumption, *Limnol Oceanogr* (2016), 58(8):288-295.
- [2] CHAMOISEN E, et al. New techniques for the detection of microplastics, methods and field validation experiments, *J Environ Monit* (2016), 18:227-233.
- [3] LAROCHE N, TAHIRIYAN V, et al. The S. EDINBURGH-HOUSE: Microplastics de Normandie - Huîtres et Moules de Normandie, *Moules normande* (2017-2018) (2018).
- [4] DELAUNAY C, Microplastics in oysters: description, context for their detection and characterization, *J Molluscs* (2016), 25:223-233.

**Materials and methods**

The shells were sampled at the end of growing to be sure that the irrigation is enough. Samples were prepared following the method adapted by Delaunay et al. (2016) [4] and all the oysters (*Magallana gigas*, n=280), hulls (*Donax trunculus* n=30) and clams (*Venerupis philippinarium*, n=111) were sampled individually. Mussels (*Mytilus edulis*, n=210) were sampled by 3 individuals.

The shells were digested and filtered and then the filters were observed with a binocular magnifying.

This study focused on the prevalence of microplastics in the different species of shells of areas concerned, and then the numbers of particles, found in these shells exclusively in Chausey Islands which house all the shellfish farms mentioned (Fig.1). The focus is also on the number of particles found specifically in oysters of the four production areas and in mussels produced in three areas.

**Results**

The prevalence of microplastics is 53% for mussels and 40% for mussels all areas combined. It is respectively 47% and 33% for hulls and clams from Chausey Islands (Fig.2).

In Chausey Islands, hulls have an average of  $0.34 \pm 0.17$  particles/g of flesh (wet weight) (n=160) which is significantly higher from the other species ( $p = 0.05$  areas test). The mussels with an average of  $0.12 \pm 0.09$  particles/g of flesh and clams with an average of  $0.03 \pm 0.06$  particles/g of flesh. Oysters have an average of  $0.21 \pm 0.08$  particles/g of flesh (wet) (Fig.3).

Focusing on oysters and mussels enable to compare the average rate of particles in the different areas. That, in oysters of the East Coast the average is  $0.09 \pm 0.02$  particles/g of flesh (wet) (n=60), which is significantly lower ( $p < 0.01$  areas test) than the West Coast where the average is  $0.15 \pm 0.04$  particles/g of flesh. The Calvados 0.16 ± 0.04 particles/g of flesh and the Chausey Islands 0.25 ± 0.08 particles/g of flesh. On the other hand, there is no significant difference ( $p = 0.41$  areas test) between mussels from the three areas. Average of mussels from the East Coast is  $0.16 \pm 0.19$  particles/g of flesh, from Chausey Islands is  $0.12 \pm 0.03$  particles/g of flesh and from the West Coast is  $0.27 \pm 0.15$  particles/g of flesh.

The particles found were smaller than 1mm. The color and nature of microplastics mostly found is listed below (Fig.5).



**Contact**

Béatrice CAUVENBERGHES  
[cauvenghes@agrocampus.fr](mailto:cauvenghes@agrocampus.fr)

Jean-Louis BIENZELIER  
[biendzlier@agrocampus.fr](mailto:biendzlier@agrocampus.fr)

**Conclusion**

The results show the presence of microplastics for all the sampling areas. In each species of shell, as there is no study in Normandy, it's difficult to compare the average of particles found, but it seems to be lower than other sites, as the study of Cauwenberghes et al [1],  $10.86 \pm 0.07$  particles/g of flesh (n=2) in *Mytilus edulis* and  $0.47 \pm 0.26$  particles/g in *Magallana gigas*, using a different protocol with a three days digestion phase and an acid digestion. Perspectives will focus on the identification of these microplastics during a second phase of this study.

with funding from:



Technical partners: