



Mission d'étude pour réduire les impacts du  
carénage sur le milieu marin

Rapport phase 3 :

**Réduire l'application d'antifouling  
par la démonstration  
et l'incitation**



**Rapport Final  
décembre 2013**

IDHESA Bretagne Océane  
120 avenue Alexis De Rochon,  
CS 10052, 29 280 Plouzané

Tel : 02 98 34 11 19 - Fax : 02 98 34 11 01

*Nous tenons à remercier les plaisanciers qui ont accepté de participer aux tests ainsi que les sociétés Nautix, Hempel, Soloplast, Imer Plougonvelin, Nautic Innovation et Hulltimo pour leur participation à cette étude.*

*Crédit photos : IDHESA Bretagne Océane.*

Mission d'étude pour réduire les impacts  
du carénage sur le milieu marin  
Phase 3 :  
Réduire l'application d'antifouling  
par la démonstration et l'incitation

SOMMAIRE

|              |  |                  |
|--------------|--|------------------|
| <b>1</b>     | <b>Contexte et objectifs de l'étude .....</b>                              | <b>3</b>         |
| <b>2</b>     | <b>Réglementation.....</b>   | <b>4</b>         |
| <b>3</b>     | <b>Peintures antifouling classiques.....</b>                               | <b>6</b>         |
| <b>4</b>     | <b>Systèmes alternatifs aux peintures antifouling classiques.....</b>      | <b>8</b>         |
| <b>4.1</b>   | <b>Les peintures.....</b>  | <b>8</b>         |
| <b>4.1.1</b> | <b><i>Peintures actuellement en vente.....</i></b>                         | <b><i>8</i></b>  |
| 4.1.1.1      | Peintures à base de Téflon® .....  | 8                |
| 4.1.1.2      | Peintures à base de Silicone .....   | 9                |
| 4.1.1.3      | Peintures à base de corps gras et de résine .....                          | 10               |
| 4.1.1.4      | Peintures à base de nacre .....  | 10               |
| 4.1.1.5      | Peintures à base de cuivre et de résine.....                               | 10               |
| 4.1.1.6      | Peintures à base de zinc .....   | 11               |
| <b>4.1.2</b> | <b><i>Peintures encore au stade de projet.....</i></b>                     | <b><i>11</i></b> |
| <b>4.2</b>   | <b>Alternatives sans biocides .....</b>                                    | <b>13</b>        |
| <b>4.2.1</b> | <b><i>Techniques de lavage des carènes.....</i></b>                        | <b><i>13</i></b> |
| <b>4.2.2</b> | <b><i>Ultrasons .....</i></b>  | <b><i>14</i></b> |
| <b>4.2.3</b> | <b><i>Le Parefouling, système innovant.....</i></b>                        | <b><i>14</i></b> |
| <b>4.2.4</b> | <b><i>Le stockage à sec sur ponton.....</i></b>                            | <b><i>15</i></b> |
| <b>5</b>     | <b>Techniques alternatives au carénage classique sur aire ou cale ....</b> | <b>16</b>        |

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>6</b> | <b>Expérimentation</b>  | <b>17</b> |
| 6.1      | Techniques expérimentées  | 18        |
| 6.2      | Protocole d'expérimentation   | 19        |
| 6.3      | Expérimentation des peintures   | 19        |
| 6.3.1    | <i>Peinture Nautix sans cuivre avec un biocide nouvelle génération</i>  | 19        |
| 6.3.2    | <i>Peinture Nautix avec taux réduit en cuivre et relargage contrôlé</i> | 30        |
| 6.3.3    | <i>Peinture Hempel au silicone</i>                                      | 39        |
| 6.4      | Expérimentations autres   | 49        |
| 6.4.1    | <i>Parefouling Nautic Innovation sur une vedette</i>                    | 49        |
| 6.4.2    | <i>Parefouling Nautic Innovation sur un flotteur de catway</i>          | 61        |
| 6.4.3    | <i>Robot laveur Hulltimo Pro</i>  | 66        |
| 6.4.4    | <i>Robot laveur Hulltimo smart</i>                                      | 70        |
| <b>7</b> | <b>Conclusion</b>   | <b>73</b> |

## 1 Contexte et objectifs de l'étude

Le Pôle métropolitain du Pays de Brest a initié une démarche de gestion intégrée des zones côtières, dans laquelle il a intégré trois thèmes dont celui de "l'organisation de la plaisance et du carénage". Il a retenu ce thème comme primordial du fait de son linéaire côtier très important (370 km) comportant un nombre élevé de bateaux (environ 12 000 bateaux comptabilisés en 2009 répartis sur 150 sites).

En mars 2012, le comité syndical du Pays de Brest a validé un schéma de carénage. Ce schéma a permis, notamment, de cartographier la répartition des bateaux dans les différents ports et sites de mouillage mais également les sites de carénage existants disposant de systèmes de traitement ainsi que les projets de sites de carénage validés dans le Pays de Brest. Afin d'accompagner la mise en place du schéma de carénage, il a été décidé de réaliser une étude "carénage" pour mieux comprendre les pratiques actuelles des plaisanciers et leur capacité à accepter de nouvelles pratiques. Cette étude doit également permettre de vérifier l'efficacité des systèmes de traitement existants afin de pouvoir faire des préconisations pour les futures installations de carénage. Et enfin une troisième phase a pour but de **réaliser des tests *in situ* avec des techniques alternatives aux peintures antifouling classiques contenant des biocides**.

Cette étude est menée en collaboration avec le Parc naturel marin d'Iroise, qui a réalisé une étude sur le carénage dans son périmètre de compétence en 2011. Les phases 1 et 3 concernent le Pays de Brest, élargi jusqu'à Douarnenez, pour intégrer l'ensemble du Parc naturel marin d'Iroise. La phase 2 est limitée aux équipements de carénage des ports du Moulin Blanc (Brest) et de l'Aber Wrac'h. Les autres sites de carénage ayant déjà fait l'objet d'un suivi par le Parc Marin n'ont pas été suivis dans la phase 2 de cette étude.

IDHESA a en charge cette mission d'étude pour réduire les impacts du carénage sur le milieu marin. La phase 1 de l'étude consacrée à la détermination des peintures antisalissures utilisées par les plaisanciers dans le Pays de Brest (élargi jusqu'à Douarnenez pour intégrer l'ensemble du Parc naturel marin d'Iroise) et leur capacité à accepter de nouvelles pratiques a été réalisée en 2012. Pour ce faire, des enquêtes de terrain ont été menées entre avril et septembre 2012 aussi bien auprès des plaisanciers qu'auprès des fournisseurs de peintures antifouling présents dans la zone de l'étude. Ces enquêtes ont permis d'avoir une meilleure perception des techniques de carénage et des produits utilisés par les plaisanciers. L'objet du présent rapport concerne la troisième phase de l'étude dont le but est **d'expérimenter de nouvelles techniques alternatives aux peintures antifouling classiques**.

## 2 Réglementation

Dans les années 1960-70 avec l'explosion de l'industrie chimique, le cuivre et le zinc ont été remplacés progressivement par l'emploi de produits à base d'organoétain dans les peintures antifouling. Cependant les études scientifiques ont mis en évidence l'extrême toxicité de ces produits sur l'environnement marin, ce qui a conduit à leur interdiction progressive. L'OMS a donc interdit l'emploi de produits à base d'organoétain (type TBT) dans les peintures antifouling depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2003 et aucune coque de bateau ne doit être recouverte de peintures à base de TBT depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2008.

Les peintures antifouling sont actuellement composées de biocides permettant de limiter la fixation de biofouling sur la coque. Ces produits biocides sont soumis à la **directive 98/8/CE** du parlement européen et du Conseil du 16 février 1998 dite directive "biocides". Cette directive encadre les autorisations de mise sur le marché de produits contenant des biocides dans les Etats membres. Elle permet également une reconnaissance mutuelle des autorisations émises à l'intérieur de la Communauté Européenne. Il en découle une liste de substances actives pouvant être utilisées dans les produits biocides et les biocides contenus dans les peintures antifouling doivent être **inscrits** sur l'annexe I, I A ou I B de la directive 98/8/CE dans le Groupe 4, type de produit 21 ou être **en cours d'évaluation**. Les 4 Groupes sont :

- Groupe 1 : les désinfectants,
- Groupe 2 : les produits de protection,
- Groupe 3 : les produits antiparasitaires,
- Groupe 4 : les autres produits biocides dont font parties les peintures antisalissures dans le type de produit 21.

Actuellement aucun biocide du type de produit 21 (peintures antisalissures) n'est inscrit sur l'annexe I, I A ou I B de la directive 98/8/CE. 10 biocides sont en cours d'évaluation par différents pays de l'union européenne<sup>1</sup> :

Le cuivre, l'oxyde de dicuivre, le thiocyanate de cuivre, le DCOIT, le dichlofluanide, l'irgarol, le tolylfluanide, le zinèbe, le zinc et le zinc pyrithione.

Parmi les premières conclusions rendues publiques, il semblerait que le zinèbe pourrait être inscrit sur l'annexe 1, le DCOIT serait quant à lui inscrit mais uniquement pour un usage par des professionnels. Deux nouveaux biocides antifouling seraient en cours d'évaluation : le Tralopyril (Econea) et la Médétomidine.

Le diuron et le chlorothalonil ont été évalués et non inscrits sur la liste. Le TCMTB et le thirame ne sont ni inscrits sur la liste, ni en cours d'évaluation.

---

<sup>1</sup> L'Union Européenne vient de statuer pour le zinèbe avec le règlement d'exécution (UE) N° 92/2014 du 31 janvier 2014 approuvant le zinèbe en tant que substance active existante destinée à être utilisée dans les produits biocides du type de produits 21.

Une fois la substance active inscrite sur une des listes de la directive 98/8/CE, l'industriel peut faire une demande d'autorisation de mise sur le marché d'une peinture antifouling contenant le biocide inscrit. En attendant de toute inscription, un régime transitoire est mis en place permettant la mise sur le marché d'un produit contenant un biocide en cours d'évaluation.

Un nouveau règlement est paru en 2012 : Règlement (UE) N° 528/2012 du Parlement Européen et du Conseil du 22 mai 2012 concernant la mise à disposition sur le marché et l'utilisation des produits biocides. Cependant ce règlement ne sera applicable qu'au 1<sup>er</sup> septembre 2013. Le choix d'un règlement plutôt qu'une directive doit permettre une application plus rapide et plus efficace en limitant les transpositions en droit national. Lorsque sera faite une demande d'autorisation de mise sur le marché, celle-ci sera valable pour l'ensemble du territoire de l'Union Européenne améliorant ainsi la libre circulation des produits biocides tout en garantissant un même niveau de sécurité sur l'ensemble de l'Union Européenne.

Concernant le carénage en lui-même, la plupart des villes ayant des ports de plaisance, et plus particulièrement ceux équipés d'aires et/ou de cales de carénage ont pris des arrêtés interdisant de caréner sur l'estran ou sur les cales non équipées. Cependant, les gestionnaires des ports n'ont aucune obligation réglementaire de mettre en place des aires ou des cales de carénage. D'autre part, il est interdit de rejeter des eaux polluées selon le code de l'environnement, *article L218-73* : est puni d'amende de 22 500 euros le fait de jeter, déverser ou laisser s'écouler, directement ou indirectement en mer ou dans la partie des cours d'eau, canaux ou plans d'eau où les eaux sont salées, des substances ou organismes nuisibles pour la conservation ou la reproduction des mammifères marins, poissons, crustacés, coquillages, mollusques ou végétaux, ou de nature à les rendre impropre à la consommation. Enfin, dans le cadre du SAGE de l'Elorn, l'article 4 du règlement en date du 3 février 2010 stipule qu'au 1<sup>er</sup> janvier 2013<sup>2</sup>, le carénage sur grève ou sur cale non conforme sera interdit (cf. annexe 1).

Parmi les biocides utilisés par les plaisanciers, certains sont classés très toxiques pour la vie aquatique et l'article L218-73 du code de l'environnement est donc susceptible de s'appliquer, mais cela reste encore assez flou. Des projets de loi sont à l'étude au niveau européen afin de clarifier la situation juridique des rejets des aires et des cales de carénage.

D'autres textes réglementaires peuvent s'appliquer mais ils concernent plutôt des eaux de surface que les rejets en eux-mêmes.

Il n'existe pas de réglementation précise pour les aires/cales de carénage, cependant toute installation est soumise à un arrêté préfectoral d'autorisation lors de sa création. Cet arrêté spécifie les conditions du suivi des eaux en sortie du système de traitement ainsi que les paramètres à analyser.

---

<sup>2</sup> Il semble qu'il s'agisse d'une erreur de frappe, les objectifs étant à atteindre pour le 1<sup>er</sup> janvier 2015 et non le 1<sup>er</sup> janvier 2013.

### 3 Peintures antifouling classiques

A l'époque des phéniciens, des égyptiens et des romains, la partie immergée de la coque des bateaux était recouverte de plaques de cuivre ou de plomb. A l'époque de Christophe Colomb, les coques étaient enduites d'un mélange de cire d'abeille et de graisse (cire, poix ou autre). Ensuite sont apparues les peintures à base de cuivre, arsenic, cadmium ou encore mercure. C'est dans les années 60-70 que les peintures à base d'organoétains (TBT et dérivés) sont apparues et ont quasiment supplanté toutes les autres formulations. Ce n'est qu'une quinzaine d'années plus tard que la forte toxicité des organoétains sur les organismes marins a été mise en évidence (phénomène d'imposex notamment). Avec l'interdiction des peintures à base de TBT, d'autres produits ont vu le jour contenant des biocides tels que des pesticides inhibant la photosynthèse comme le diuron ou l'irgarol, associés ou non à des métaux (cuivre, zinc).

Les enquêtes menées chez les fournisseurs, dans le cadre de la phase 1 de l'étude, ont permis de connaître plus précisément les molécules actives présentes dans les peintures antifouling classiques en vente sur le territoire du Pays de Brest étendu à Douarnenez. Les molécules présentes sont l'oxyde de cuivre, le tolylfluamide, le dichlofluamide, le zinc pyrithione, le thiocyanate de cuivre, le zinèbe, l'oxyde de dicuivre, l'irgarol, l'oxyde de zinc, le pyrithione de cuivre et le chlorothalonil.

Ces biocides contenus dans les peintures antifouling classiques présentent une toxicité plus ou moins élevée pour les organismes marins, mais sont moins néfastes que les peintures à base de TBT.

D'autre part, le mode d'action des antifouling est différent selon la matrice de la peinture. Il existe 3 principaux types de peintures selon la matrice :

- Les peintures à matrice dure,
- Les peintures à matrice érodable dites aussi autopolissantes,
- Les peintures à matrice mixte.

Les peintures antifouling à **matrice dure** possèdent un liant qui ne se dissout pas dans l'eau. Les biocides diffusent dans le liant puis dans l'eau. Il est impératif de poncer la coque pour enlever le liant avant d'appliquer une nouvelle peinture antifouling. Ce type de peinture est adapté aux bateaux à moteur rapide, aux bateaux au mouillage pendant de longues périodes et aux bateaux s'échouant sur l'estran lors des marées.

Les peintures à **matrice érodable** sont composées d'une matrice polymère qui se dégrade progressivement en libérant les biocides dans le milieu. Il n'est pas nécessaire de poncer entre deux couches de peintures puisqu'il y a une érosion naturelle de l'antifouling. Ce type de peinture n'est pas conseillé pour les bateaux à vitesse élevée car la vitesse augmente l'érodabilité de la peinture. De même ces peintures ne sont pas recommandées pour les bateaux s'échouant sur l'estran car l'échouage augmente l'érosion de la peinture.

Les peintures à **matrice mixte** appelée également semi-érodable ou semi-dure sont des peintures ayant des caractéristiques intermédiaires entre les peintures à matrice dure et à matrice érodable.

Suivant le type de matrice, les biocides ne se dispersent pas dans le milieu marin de la même façon. Avec une peinture à matrice érodable, les biocides diffusent en continu au fur et à mesure de l'érosion de la peinture et en concentrations qui peuvent être élevées puisque les particules qui se diffusent contiennent le biocide. Pour une peinture à matrice dure, le biocide est dans la peinture et il y a une migration vers la surface. Ensuite le biocide se dissout dans la masse d'eau, les concentrations diffusées sont donc moins importantes.

## 4 Systèmes alternatifs aux peintures antifouling classiques

Il existe, actuellement, plusieurs techniques alternatives aux peintures antifouling classiques, cependant les plaisanciers semblent encore réticent à les utiliser, ne sachant pas leur réelle efficacité. Dans les paragraphes suivants les différents systèmes existants ainsi que ceux en cours de mise au point sont passés en revue de manière la plus neutre possible. Il ne s'agit pas ici de mettre en avant un procédé plus qu'un autre. La liste n'est sans doute pas exhaustive...

D'autre part chaque technique a ses limites et est adaptée à certains types de coques (acier, époxy, bois...) ou aux bateaux au ponton et pas au mouillage...

### 4.1 Les peintures

Du fait de la toxicité relativement élevée des biocides utilisés dans les peintures antifouling classiques et du durcissement, à venir, de la réglementation, de nouvelles peintures ont progressivement vu le jour. Ces peintures peuvent être basées sur des molécules empêchant la fixation du fouling de part leurs caractéristiques anti-adhérentes telles que le Téflon®, le silicone, des corps gras ou encore la nacre. D'autres types de peintures ne contiennent pas de biocides organiques (type herbicide, fongicide ou algicide) mais des métaux lourds comme le cuivre ou le zinc, ayant un fort pouvoir biocide, conjugués à une résine.

De plus, plusieurs projets sont en cours afin de mettre au point de nouvelles peintures avec de nouveaux biocides ou de nouvelles molécules.

#### 4.1.1 Peintures actuellement en vente

##### 4.1.1.1 Peintures à base de Téflon®

Une coque recouverte de Téflon® présente une surface lisse et glissante sur laquelle le fouling a du mal à se fixer. Le second avantage de ces peintures est qu'elles augmentent la glisse des bateaux et limitent ainsi leur consommation en carburant. Ces caractéristiques en font une peinture bien adaptée aux bateaux de régate ainsi qu'aux bateaux à moteur rapide, mais elle peut être appliquée sur tout type de bateau, sauf les coques en aluminium, et du moment qu'il n'y a pas d'échouage régulier du bateau.

La phase initiale de préparation de la coque est relativement longue puisqu'elle nécessite un décapage des anciennes peintures jusqu'au gelcoat. Comme pour les peintures antifouling classiques, il est nécessaire de respecter un certain temps entre deux couches et avant la mise à l'eau du bateau. Les fournisseurs conseillent de remettre une couche de peinture tous les ans après un nettoyage à l'eau ou à

l'éponge de la coque. Par contre, le retour aux peintures antifouling classiques nécessite un décapage complet de la peinture au Téflon®.

La composition de ces peintures n'est pas entièrement communiquée et il semblerait que certaines contiennent des biocides comme le zinc pyrithione, en plus du Téflon®. Elles contiennent également des solvants.

#### 4.1.1.2 Peintures à base de Silicone

L'efficacité des peintures au silicone ne repose pas sur le même principe d'action que les peintures antifouling classiques. Elles n'ont pas pour objectif de « tuer » les organismes voulant coloniser la coque des bateaux mais d'empêcher leur fixation. Le principe est donc le même que les peintures au Téflon®. La surface lisse et glissante de la peinture empêche la fixation des organismes marins et favorise l'autonettoyage de la coque lors de la navigation. Les peintures au silicone peuvent être appliquées sur tout type de coque sauf le bois. Tout comme pour les peintures au Téflon®, la coque doit être débarrassée de l'ancienne peinture (jusqu'au gelcoat). Selon les fabricants, il semble qu'il soit indispensable de mettre un primaire puis une couche d'accrochage avant d'appliquer la peinture au silicone. Ensuite il suffit de repeindre la carène avec une seule couche de peinture au silicone chaque année, après avoir préalablement nettoyé la coque à l'eau.

Ces peintures sont utilisables aussi bien dans les eaux froides, tempérées que chaudes. Il faut bien respecter les temps de séchage entre deux couches et avant la remise à l'eau du bateau.

L'inconvénient de ces peintures est qu'elles sont relativement fragiles et ne conviennent pas à des bateaux au mouillage s'échouant régulièrement.

Il ne semble pas y avoir de biocides ajoutés au silicone pour créer un pouvoir biocide à la peinture.

*Nota bene* : la Marine Nationale réalise depuis 2011 des tests avec des peintures au silicone sur deux de ses navires. Les résultats devraient être connus en 2016.

Remarque : pour le Téflon® et le silicone, on ne connaît pas encore l'éventuelle nocivité de ces agents sur la faune et la flore marines, car si le revêtement se retrouve dans l'eau (mauvaise adhésion...), il est persistant, non dégradable à court terme.

#### 4.1.1.3 Peintures à base de corps gras et de résine

Une autre peinture alternative aux peintures antifouling classiques est composée d'un hydrogel en phase aqueuse à base de corps gras d'origine végétale et de résine de polyuréthane. Son efficacité repose sur la combinaison des propriétés anti-adhérentes et autonettoyantes. En effet, les différents composants retardent et rendent instable la fixation des algues et des coquillages sur la coque. De plus, lorsque la vitesse du bateau dépasse les 5 nœuds, la pression de l'eau décroche les quelques micro-organismes éventuellement accrochés à la coque. Cette peinture ne convient qu'aux bateaux navigants à moins de 30 nœuds mais peut être appliquée sur tout type de coque.

La peinture étant en phase aqueuse, le temps de séchage est plus court qu'avec les peintures classiques contenant des solvants organiques. Il est recommandé d'appliquer une à deux couches de primaire avant l'application de la peinture lors de la première utilisation. Ensuite il suffit d'appliquer une couche de peinture tous les ans après avoir lavé (à l'eau) et dégraissé la coque.

Cette peinture ne convient pas aux bateaux sur mouillage s'échouant régulièrement sauf pour les voiliers biquilles, pour lesquels le risque de frottement, donc d'érosion de la peinture, est moindre.

D'après le fabricant la peinture ne contient ni biocide, ni solvant organique.

#### 4.1.1.4 Peintures à base de nacre

Enfin, dans une autre approche, des chercheurs ont créé une peinture à base de nacre en se basant sur le fait que les coquilles d'huîtres mortes n'étaient pas colonisées sur leur face interne. Les propriétés anti-adhérentes de la peinture, obtenues grâce à la nacre, permettent un décrochage aisé des salissures pendant la navigation ou par nettoyage manuel (éponge). Cependant pour avoir une meilleure efficacité, des biocides ont dû être rajoutés par rapport au projet initial.

Cette peinture à matrice mixte convient à tout type de coque mais pas aux bateaux s'échouant régulièrement.

Pour une première utilisation, il faut compter trois couches de peinture.

#### 4.1.1.5 Peintures à base de cuivre et de résine

Ces peintures sont composées d'un mélange de cuivre très pur en grande quantité et de résine. Le cuivre est un métal lourd qui agit comme un biocide permettant de tuer les organismes qui se fixent sur la coque. Ce sont des peintures à matrice dure, mais elles offrent une surface plus hydrodynamique que les antifouling classiques du fait de la présence de résine époxy ou polyester. Le principe des peintures au cuivre

(ions  $\text{Cu}^{2+}$ ), est d'attirer les particules de polarité opposée, telles que les bactéries, et de les neutraliser.

Ce type de peinture est proposé par plusieurs fabricants qui mettent en avant l'absence de solvant, de fongicide et d'herbicide (biocides organiques).

Selon la formulation utilisée, l'application est différente d'un fabricant à l'autre. Pour certains l'application ne peut être réalisée que par un professionnel afin de garantir sa longévité, pour d'autre un décapage complet de la coque est nécessaire (sablage, aérogommage...) ou encore application sur le gelcoat.

Ces peintures sont contraignantes à appliquer la première année mais ont une tenue de 5 à 10 ans. Elles ne peuvent pas s'appliquer sur des coques aluminium et sur certaines coques en bois.

#### 4.1.1.6 Peintures à base de zinc

Sur le même principe que les peintures à base de cuivre, il existe des peintures spécifiques pour les coques en acier ou en aluminium. Ces peintures contiennent du zinc silicaté en phase aqueuse qui fait office d'anode géante. Cependant, le principe actif qu'est le zinc reste un biocide. Il est nécessaire de décaper la coque (sablage) avant d'appliquer la peinture en plusieurs couches (de 4 à 5) en respectant les délais entre deux couches. Ensuite il suffit d'appliquer une couche de peinture à base de zinc tous les ans. Ce type de peinture, outre son effet contre le fouling, permet de protéger la coque contre l'abrasion, l'électrolyse et la corrosion.

#### **4.1.2 Peintures encore au stade de projet**

##### **Molécules issues du Bio-mimétisme :**

- Peinture imitant la peau de requin étudié par Joseph Von Fraunhofer à l'IFAM de Brême.
- Peinture imitant la surface de la plante *Salvinia* qui possède la particularité de rester entièrement sèche même en immersion.
- Etude des propriétés physiques des graines du palmier *Dypsis rivularis* par Katrin B. Mühlenbruch doctorante au Centre d'Innovation et de Bio-mimétisme de l'Université de Brême.
- Etude des propriétés de la carapace des crustacés (en cours d'étude depuis de nombreuses années).
- Etude des biocides utilisés par l'algue *Sargassum muticum*

- Etude de l'action des polymères de chitosane dans la lutte contre le fouling.

#### **Nouveaux biocides :**

- **Ecopaint : terminé**

Ce projet, labellisé par le Pôle Mer PACA, développe une peinture antifouling à matrice érodable limitant ses effets néfastes sur l'environnement selon les axes suivant :

- Réduire ou éliminer les biocides toxiques dans le revêtement.
- Réduire ou éliminer les solvants organiques en concevant des peintures en phase aqueuse.
- Evaluer les potentialités des nouvelles substances actives (peu ou non toxiques).
- Favoriser l'efficacité des performances hydrodynamiques en réduisant le coefficient de friction du revêtement (amélioration de la glisse sur l'eau).

- **Paintclean : terminé**

Ce projet, labellisé par le Pôle Mer Bretagne, a pour objectif de mettre au point une peinture antifouling, plus respectueuse pour l'environnement marin, en remplaçant les liants généralement acryliques par un composé de polymères biodégradables et en utilisant des biocides naturels moins impactants pour l'environnement. Plusieurs voies sont empruntées afin de sélectionner le biocide adéquat (antibactérien, ...).

- **Biopaintrop : en cours**

Le projet Biopaintrop, labellisé par le Pôle Mer Bretagne et PACA et par Qualitropic, complète les projets Paintclean et Ecopaint. Le premier enjeu de ce projet est d'identifier les biomolécules actives dans la lutte contre le fouling dans les milieux tropicaux (Ile de la Réunion). Ensuite, elles seront intégrées aux peintures antifouling issues des projets Paintclean et Ecopaint et l'efficacité de la peinture sera testée. Au final, une peinture antifouling respectueuse de l'environnement et parfaitement adaptée aux milieux tropicaux devrait être obtenue.

## 4.2 Alternatives sans biocides

### 4.2.1 Techniques de lavage des carènes

Une des alternatives aux peintures antifouling est le lavage régulier des carènes des bateaux soit manuellement, soit via des robots de lavage.

Le lavage doit être réalisé plusieurs fois durant la saison de navigation afin d'éviter une colonisation de la carène par les invertébrés. Le **lavage manuel** de la coque des bateaux peut être réalisé directement par le plaisancier en mettant son bateau à sec sur une aire ou une cale de carénage. Certains plongeurs professionnels proposent également le lavage de la carène par plongée avec bouteille. Dans ce cas la contrainte est moindre car le nettoyage est réalisé à flot. Cependant les particules de peinture pouvant se décoller lors du lavage de la carène ne sont pas récupérées. Il y a donc une possibilité de remise en suspension des biocides contenus dans la peinture.

Concernant le lavage automatisé, plusieurs systèmes existent ou sont en cours de développement. Tout d'abord les **robots laveurs** sont des engins radiocommandés qui se plaquent sur la coque du bateau et dont les brosses rotatives permettent le nettoyage de la carène. Les particules décollées de la coque sont récupérées dans un sac avant d'être retraitées à terre. Un système de caméra permet de guider le robot sur les endroits à nettoyer. Cette technique est principalement réservée aux bateaux sur ponton mais il existe également des robots laveurs pour bateaux au mouillage mais ceux-ci ne sont pas télécommandés et sont maniés à partir du pont du bateau. A noter qu'ils ne peuvent s'utiliser qu'avec des peintures à matrice dure.

Certains ports peuvent être équipés de **stations de lavage** à flot. Elles permettent le nettoyage de la carène à l'aide de brosses souples telles que l'on peut en voir dans les stations de lavage pour les voitures. Le principe est de décoller les particules de la coque par frottement avec les brosses rotatives.

Un autre système consiste en une plate forme pouvant accueillir un bateau à la fois, voir deux selon les systèmes. Le bateau est soulevé hors de l'eau ou, selon le système, la plate-forme s'immerge à la profondeur souhaitée et lorsque le bateau est bien positionné, les ballasts s'ouvrent pour mettre le bateau hors de l'eau. Une fois le bateau à sec, le plaisancier peut nettoyer la carène au jet haute pression. Les eaux issues du lavage sont récupérées et traitées avant rejet. Il s'agit d'une alternative aux aires et cales de carénage mais certains systèmes ne sont pas adaptés aux zones à fort marnage.

Un projet de station de lavage automatisé (Navyclean) est actuellement en cours avec le Pôle Mer PACA. La première station de lavage pourrait être installée au port de Toulon courant 2013/2014. L'idée est de mettre en place, à flot, une « station de lavage » automatisée en libre service. Elle se présentera en forme de « U » et

permettra aux plaisanciers de venir nettoyer leur carène quand ils le souhaitent et à faible coût. Ils amarreront leur bateau dans l'enceinte de lavage et lanceront le programme. Un bras articulé équipé de sondes à ultrasons se déplacera le long de la coque et les déchets produits (coquilles, algues, ...) seront aspirés simultanément. Ces déchets seront ensuite acheminés vers un système de traitement des boues, des hydrocarbures et autres polluants.

**Le lavage régulier des carènes doit permettre aux plaisanciers de ne plus utiliser de peintures contenant des biocides.**

#### **4.2.2 Ultrasons**

Le principe des ultrasons est de diffuser des ondes qui résonnent à travers la coque immergée, ce qui crée un mur d'eau en mouvement autour de cette dernière. Le microbullage et la cavitation (du fait des ondes) rendent l'environnement instable et les conditions présentes autour de la coque ne sont plus propices à la vie des algues, des mollusques ou des coquillages. Tout développement de fouling est donc contrarié. Ce type de système ne convient pas aux bateaux en bois. Le système doit être alimenté en continu soit via le réseau d'alimentation électrique pour un bateau sur ponton, ou alors via un panneau solaire ou une éolienne. On ne connaît pas les effets des ultrasons sur la faune et la flore aux alentours d'un bateau équipé d'ultrasons.

#### **4.2.3 Le Parefouling, système innovant**

Parmi les systèmes innovants disponibles sur le marché on trouve, par exemple, le Parefouling. Il s'agit d'une bâche qui vient recouvrir la carène du bateau. Le Parefouling se met lorsque le bateau est au ponton. Le principe est de placer une barrière (le parefouling) entre la coque et l'eau. De ce fait la lumière ne passant plus, les micro-organismes et les algues ne se développent plus et se détachent de la coque. De plus, l'eau de mer est progressivement remplacée par de l'eau douce au fur et à mesure des pluies. Les organismes marins peuvent coloniser l'enveloppe extérieure du parefouling mais ses propriétés anti-adhérentes permettent un nettoyage facile au jet d'eau. Ce système permet de se passer de peintures contenant des biocides mais n'est pas adapté aux bateaux sur mouillage s'échouant ou trop exposé. Il est idéal pour les vedettes (ou voiliers à faible tirant d'eau) jusqu'à environ 8 mètres mais existe aussi sur demande pour des bateaux de plus grande taille à faible tirant d'eau. Les temps de pose de la bâche varient en fonction du type de bateaux et du nombre de personnes.

#### **4.2.4 Le stockage à sec sur ponton**

Un autre système innovant est la possibilité de mettre son bateau hors de l'eau lorsqu'il est amarré au ponton. Le système soulève le bateau qui n'est ainsi plus en contact avec l'eau de mer et les organismes marins ne peuvent donc plus se fixer sur la coque. Ce système n'est pas adapté aux bateaux sur mouillage mais permet de s'affranchir de la pose de peintures contenant des biocides. Cependant, ce système n'est pas adapté aux voiliers du fait de leurs quilles. De plus, il est nécessaire d'adapter les pontons en fonction de la spécificité des systèmes.

## 5 Techniques alternatives au carénage classique sur aire ou cale

Le fait de nettoyer une coque recouverte de peinture contenant des biocides entraîne un rejet d'eau contaminée qu'il faut traiter. Cela se fait classiquement sur des aires ou cales de carénage équipées d'un système de traitement plus ou moins efficace (cf. rapport de Phase 2), ou encore directement sur l'estran. De nouveaux procédés existent permettant de ne pas avoir de rejet d'effluent liquide. On peut citer le **décapant sans solvant**, le **nettoyage cryogénique** ou encore l'**aérogommage**.

**Le décapant en phase aqueuse** (donc sans solvant) s'applique sur la coque du bateau, on le laisse agir puis il s'enlève à l'aide d'une spatule. On récupère une pâte avec les résidus de peinture que l'on peut collecter dans un récipient avant retraitement.

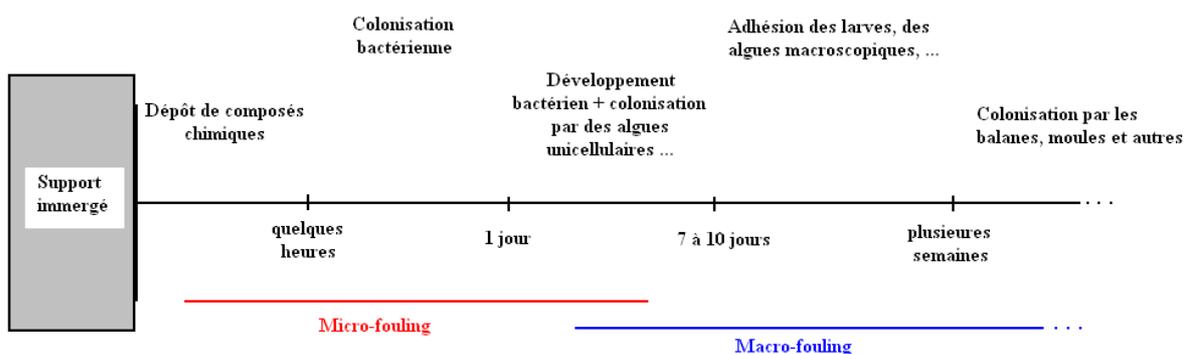
**Le nettoyage cryogénique** repose sur la projection de glace carbonique à l'aide d'air comprimé sur la coque. Le double effet du choc thermique et mécanique permet de décoller l'antifouling du gelcoat. Les copeaux de peinture ainsi décollés sont récupérés dans une bâche avant retraitement.

**L'aérogommage** consiste en la projection d'un mélange air/abrasif, l'abrasif pouvant être un granulats à base de roche minérale appelée "corindon". La machine peut être équipée d'un système d'aspiration permettant de récupérer les déchets issus du carénage.

## 6 Expérimentation

La colonisation du fouling sur la coque d'un bateau se fait en plusieurs étapes selon le schéma ci-dessous.

Mise en place du fouling :



Le temps de colonisation de la coque par les salissures est très dépendant du milieu : température, ensoleillement, courant, qualité de l'eau..., mais également des activités pratiquées par le plaisancier.



Le but de l'expérimentation menée dans le Pays de Brest était de trouver des plaisanciers volontaires pour tester de nouvelles pratiques alternatives. Les techniques à tester ont fait l'objet d'un appel à volontariat *via* les fournisseurs du Pays de Brest démarchés lors de la phase 1 de l'étude ainsi que *via* la newsletter d'Econav.

Les plaisanciers qui s'étaient portés volontaire lors de la phase 1 de l'étude ont été recontactés et se sont vus proposer de tester différents procédés. Cependant, la réponse des fournisseurs ayant parfois été longue à obtenir, plusieurs plaisanciers avaient déjà réalisé leur carénage et n'ont donc pas pu participer à l'étude.

## 6.1 Techniques expérimentées

Nous avons recontacté les magasins d'accastillage qui avaient participé à la phase 1 de l'étude afin qu'ils sollicitent leurs fournisseurs pour obtenir des peintures innovantes et/ou plus écologiques ou encore des systèmes alternatifs. Seul un revendeur (Imer Plougonvelin) a accepté de participer à l'étude en nous fournissant de la peinture au silicone via la société Soloplast.

La société Nautix, qui développe des peintures nouvelles générations dans le cadre des projets Ecopaint et Paintclean, a également fourni deux peintures différentes à tester.

Concernant les techniques innovantes deux solutions ont été testées : le Parefouling (société Nautic Innovation) et le nettoyage de coque à l'aide de robot laveur (société Hulltimo).

**Les peintures ou techniques alternatives testées ne sont pas exhaustives mais fonction des sociétés ayant accepté de participer à l'étude sans rétribution (en fournissant gracieusement de la peinture ou en mettant du matériel à disposition des plaisanciers).**

De même, suite à la phase 1 de l'étude, des plaisanciers s'étaient portés volontaires afin de participer à la troisième phase en testant de nouvelles techniques alternatives aux peintures antifouling classiques. Ces derniers ont été recontactés et au final six plaisanciers ont accepté de participer aux tests.

Les tests réalisés sont :

### Peintures :

- ✚ Peinture sans cuivre avec un biocide nouvelle génération : sur un voilier de 6 m en fond de rade.
- ✚ Peinture matrice mixte à relargage contrôlé avec un taux réduit en cuivre : sur un voilier de 6 m au port de Morgat.
- ✚ Peinture au silicone : sur un voilier de 10 m au port du Château à Brest.

### Autres techniques :

- ✚ Parefouling : sur une vedette de 5 m au port du Moulin Blanc à Brest.
- ✚ Robot laveur : une intervention sur un voilier de 10 m au port du Moulin Blanc à Brest.

## 6.2 Protocole d'expérimentation

### Suivi des bateaux tests :

Afin de suivre l'efficacité des nouvelles peintures ou techniques alternatives aux peintures antifouling classiques, des photos de la carène des bateaux tests ont été prises à intervalle régulier, une fois par mois environ, durant toute la saison de navigation du bateau. Ces prises de vue ont permis de suivre l'évolution de la colonisation de la carène par les organismes marins, algues et invertébrés. Un état initial a également été réalisé afin d'avoir une base de comparaison. Des fiches de suivi, établies pour chaque bateau test, ont permis de voir l'évolution de la colonisation et le bilan sur l'efficacité des différentes techniques se basera sur ces suivis.

En parallèle, un questionnaire a été proposé aux plaisanciers afin d'avoir une indication sur le nombre et la durée des sorties effectuées, le type d'activité pratiquée... Il a été également demandé au plaisancier d'indiquer le type d'intervention éventuellement pratiquée telle qu'une sortie de l'eau du bateau pour réparation/maintenance, un lavage de la coque...

## 6.3 Expérimentation des peintures

Les peintures testées sont au nombre de trois. Deux sont de la marque Nautix ; la première est sans cuivre avec un biocide de nouvelle génération et la seconde est à taux réduit en cuivre avec un relargage contrôlé. La troisième peinture, de marque Hempel est à base de silicone.

### ***6.3.1 Peinture Nautix sans cuivre avec un biocide nouvelle génération***

Cette peinture a été fournie par la société Nautix qui l'a développée dans le cadre du projet Paintclean. Contrairement à bon nombre de peintures antifouling actuellement sur le marché, cette peinture créée par Nautix ne contient pas de cuivre. Son efficacité est liée à la présence d'un nouveau biocide ayant, selon les premiers essais, un impact moindre sur l'environnement que les biocides actuellement sur le marché. C'est une peinture à matrice dure donc bien adaptée aux bateaux s'échouant régulièrement.

Le bateau test est un voilier de 6 mètres au mouillage dans l'estuaire de la rivière de L'Hôpital-Camfrout. La carène est en plastique, recouverte d'un antifouling classique à matrice dure. L'activité principale du plaisancier est la pêche-promenade sur la période printemps, été et automne avec un nombre de sorties estimé à 15-20 par an.

Avant d'appliquer la peinture, la première étape a consisté à enlever les anciennes couches de peinture. Pour cela un décapant en phase aqueuse, fournit par la société Nautix, a été utilisé. Le principe est relativement simple, en théorie ; il est présenté ci-après.

Il faut procéder par rectangles de 1 m<sup>2</sup>, appliquer une couche épaisse de décapant à l'aide d'une brosse de tapissier, attendre au minimum ½ heure puis, lorsque le mélange est bien mou, on racle avec une spatule métallique. La "pate" obtenue est ensuite mise dans un récipient pour être retraitée par la suite, dans les mêmes filières de traitement que les pots de peintures antifouling. Ensuite la coque est nettoyée avec un diluant classique pour enlever les dernières traces de peinture et il faut terminer par un lavage à l'eau.

Le décapant étant biodégradable, l'avantage est qu'il n'est pas indispensable de réaliser le décapage de la coque sur une aire ou une cale de carénage. Il faut juste s'assurer qu'il n'y a plus de peinture sur la coque avant de faire le nettoyage à l'eau.

Le décapage du bateau a été entrepris le 22 avril par trois personnes.





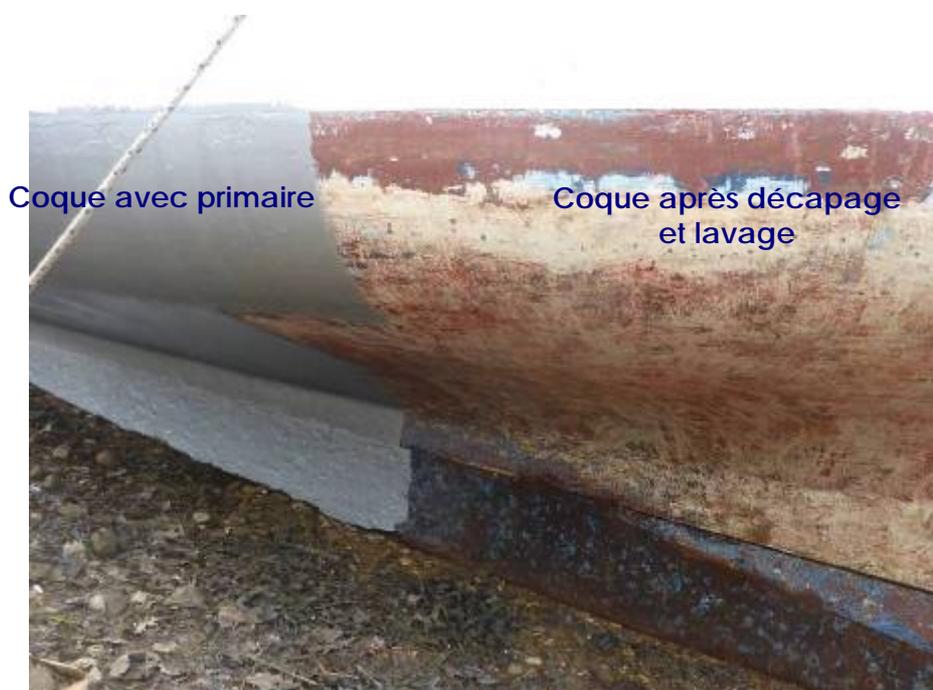
Tableau arrière avant et avec le décapant



Tableau arrière après décapage



"Pâte" récupérée après décapage.



Le bateau présentait deux types de peintures, une bleue et une bordeaux. La première couche a été relativement facile à enlever mais la seconde ayant été appliquée en couche épaisse, notamment au dessus de la ligne de flottaison, il a

fallu racler la coque de manière énergique avec la spatule. L'usage de ce décapant nécessite un temps de travail important et ne semble pas suffisamment efficace sur des anciennes peintures appliquées en couches épaisses. Il serait donc à privilégier pour un décapage de la coque assez régulier (tous les deux ans par exemple) pour éviter l'accumulation des couches.

Le primaire dégageait une très forte odeur de solvant. La peinture a été appliquée au rouleau laqueur sans problème particulier.



Coque côté bâbord après deux couches de peintures "rouge lagon".



Bateau avant le test



Bateau après application de la peinture

Le bateau a été remis à l'eau le 28 avril 2013.

1<sup>er</sup> suivi : 7 juin

2<sup>ème</sup> suivi : 21 et 25 juin

3<sup>ème</sup> suivi : 26 juillet

4<sup>ème</sup> suivi : 20 août

5<sup>ème</sup> suivi : 04 octobre

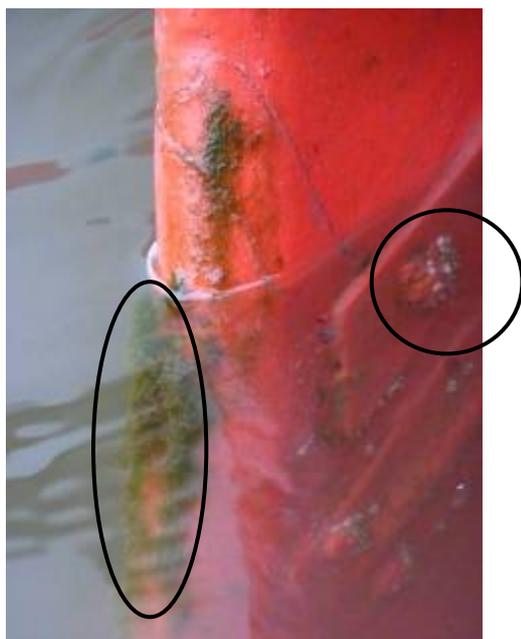
Le suivi a donc duré 5 mois sur la période de fin mai à début octobre.

**1<sup>er</sup> suivi : 7 juin (40 jours)**



On observe des salissures au niveau de la ligne de flottaison mais liées à la qualité des eaux de l'estuaire chargées en matières en suspension. Il ne s'agit pas de colonisation algale. Il n'y avait pas de développement de fouling sur le reste de la carène immergée.

2<sup>ème</sup> suivi : 21 et 25 juin (54 et 58 jours)



On note la présence d'algues vertes sur le safran ainsi que de quelques balanes sur des endroits ayant reçus moins de peinture (une seule couche sur le safran).



Les eaux de l'estuaire sont très chargées en matières en suspension qui se collent ensuite sur la carène. Il ne s'agit pas, à cette date, de fouling à proprement parlé.



Deux mois après la mise à l'eau du bateau, le fouling ne s'est pas développé sur la carène mais uniquement sur le safran.

3<sup>ème</sup> suivi : 26 juillet (89 jours)



trois mois après la mise à l'eau, les ulves se sont développées au niveau de l'interface air/eau. Les balanes sont également en plus grand nombre sur le safran.



De même que sur le safran, les algues vertes sont présentes sur la carène au niveau de la ligne de flottaison. On observe également un début de colonisation par les balanes (petits paquets isolés) au niveau de la partie médiane de la carène côté tribord.



**4<sup>ème</sup> suivi : 20 août (114 jours)**



Après quatre mois d'immersion et des conditions de températures et d'ensoleillement idéales pour le développement de fouling, on observe une présence d'algues vertes relativement importante sur le safran, y compris plus en profondeur. A noter également l'érosion de la peinture par endroit (le safran n'avait reçu qu'une seule couche de peinture contre deux sur la carène, et pas de primaire).



On note la présence d'ulves sur la partie avant bâbord. Les amas de balanes sont moins importants et plus dispersés à bâbord qu'à tribord.



Il y a moins d'algues sur la partie avant bâbord qu'à tribord. On voit bien les amas de balanes sur la carène.



Vue de la carène côté tribord avec un amas principal de balanes en partie centrale. Les balanes sont moins présentes sur la partie arrière du bateau.



Les balanes sur la carène.

5<sup>ème</sup> suivi : 04 octobre (159 jours)



Cinq mois et demi après la mise à l'eau, les balanes et algues vertes ont bien colonisé le safran.



Au niveau de la ligne de flottaison, les algues vertes forment un bandeau. Les balanes ont fortement colonisé la partie avant de la carène.



Amas de balanes sur la carène.



La partie arrière de la carène est moins colonisée par les balanes que la partie centrale et l'avant.

Après cinq mois et demi de suivi, la colonisation par les balanes est importante avec un taux de recouvrement pouvant être estimé à 15 %. Pourtant le composé utilisé dans la peinture (le tralopyril) a été développé pour son efficacité vis-à-vis des balanes. Le constat de cette forte colonisation est donc surprenant, mais peut provenir d'un relargage du tralopyril en quantité insuffisante. La peinture est toujours en phase de test et donc d'amélioration.

Au niveau du safran (une seule couche de peinture), les algues vertes sont apparues au bout d'un mois, puis les balanes après deux mois d'immersion.

Sur la carène (deux couches de peinture), les ulves se sont progressivement installées au niveau de la ligne de flottaison. Les balanes sont apparues après trois mois, de manière dispersée au départ, pour former des amas compact, surtout dans la partie avant de la carène, au bout de cinq mois. La carène bâbord présente une colonisation moindre par les balanes qui peut être due aux frottements de la coque lors de l'échouage du bateau sur la vase. En effet, le bateau s'échoue sur bâbord et pas sur tribord.

### **6.3.2 Peinture Nautix avec taux réduit en cuivre et relargage contrôlé**

Tout comme pour le test précédent, la peinture a été fournie par la société Nautix. Il s'agit d'une peinture avec un taux réduit en cuivre (moins de 20 %) par rapport aux peintures classiques. Pour ce faire, le cuivre est préparé et conditionné pour se dissoudre de manière contrôlée pour permettre un relargage très régulier et ainsi il est possible d'en diminuer la quantité dans la peinture. Un co-biocide est associé au cuivre, il s'agit du pyrithione de cuivre. C'est une peinture à matrice mixte.

Le bateau test est un voilier en bois (contreplaqué) de 6.48 m sur ponton au port de Morgat. L'activité principale du plaisancier est la pêche-promenade avec un nombre de sorties estimé à 20 par an, sur la période printemps-été-automne. Le bateau est ensuite hiverné au domicile du plaisancier.

La carène a été nettoyée au jet haute pression avant l'application d'une couche de peinture (2.2 litres). La peinture a été appliquée le 05 mai et le bateau remis à l'eau le 07 mai.





Une voie d'eau au niveau de la quille a contraint le plaisancier à sortir le bateau de l'eau sur une période de 15 jours - 3 semaines pour réaliser les réparations. Le bateau a donc été remis à l'eau aux alentours du 27 mai.

1<sup>er</sup> suivi : 25 juin

2<sup>ème</sup> suivi : 1<sup>er</sup> août

3<sup>ème</sup> suivi : 6 septembre

4<sup>ème</sup> suivi : 4 octobre

5<sup>ème</sup> suivi : 4 novembre

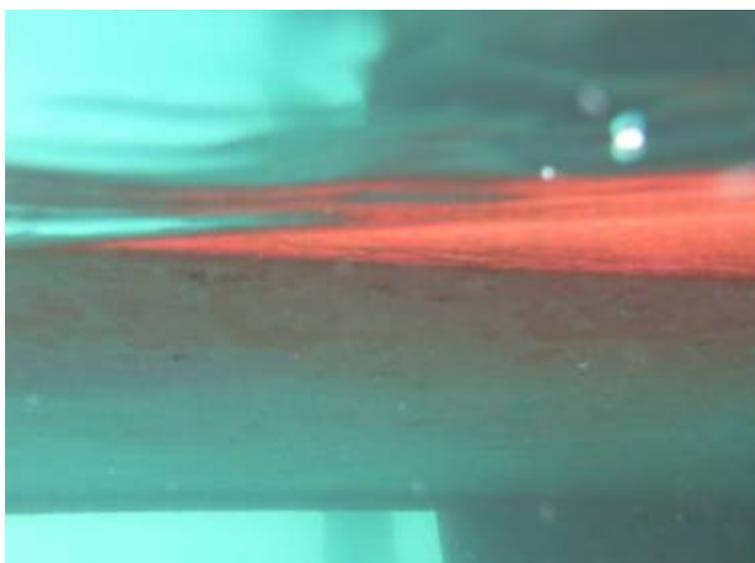
6<sup>ème</sup> suivi : 18 novembre

Le suivi a donc duré six mois sur la période de mai à mi-novembre.

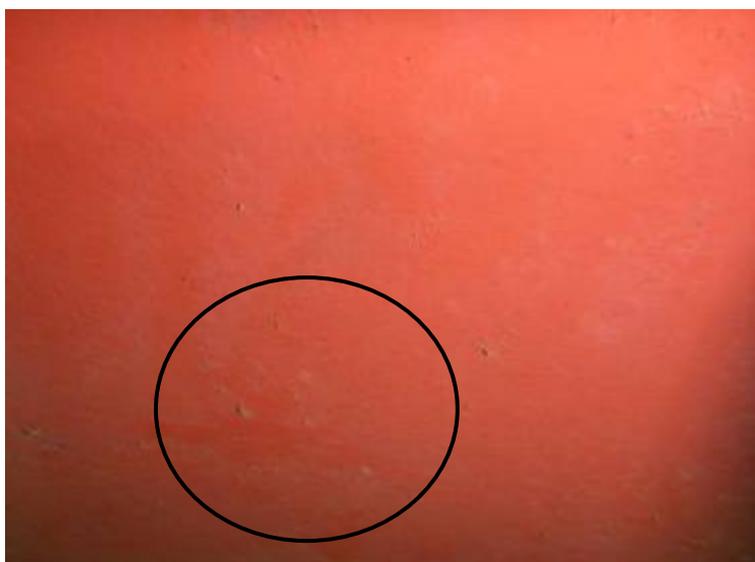
**1<sup>er</sup> suivi : 25 juin (29 jours depuis la remise à l'eau du voilier)**



La peinture présente de nombreuses craquelures au niveau de la zone non immergée. Mais cela peut provenir des anciennes couches de peinture toujours présentes ou encore de la dilatation du bois.

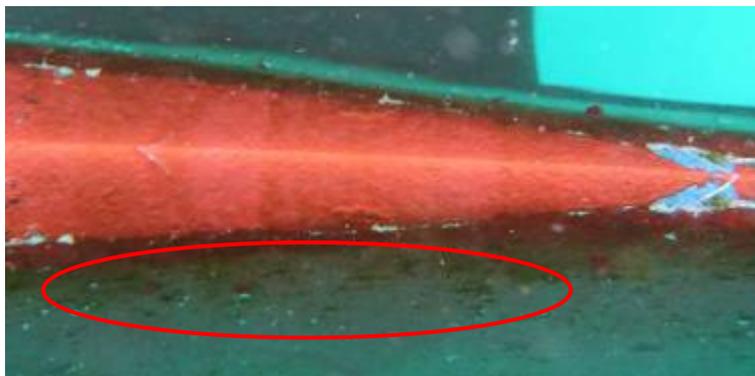


Quelques souillures sont apparues sur la carène mais pas d'algues type ulves ni de mollusques.



Quelques souillures sur la carène.

**2<sup>ème</sup> suivi : 1<sup>er</sup> août (66 jours)**



On n'observe pas de colonisation algale au niveau de la ligne de flottaison. Par contre, sur la partie plane sous la carène, des amas d'algues sont dispersés à la surface.



Amas d'algues sous la carène.

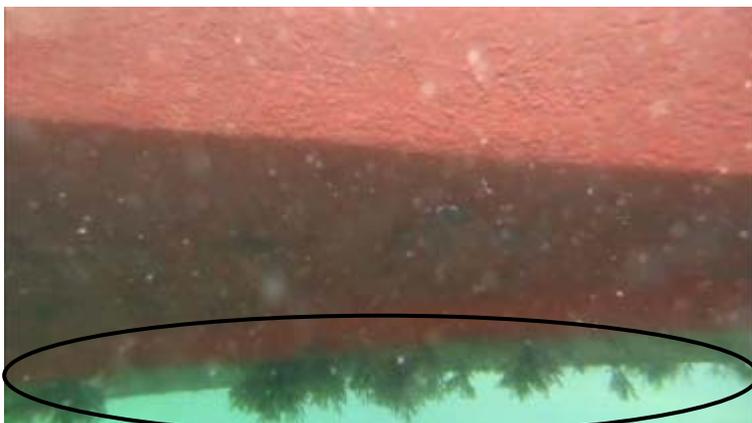
**3<sup>ème</sup> suivi : 6 septembre (102 jours)**



Après un peu plus de trois mois d'immersion, on constate l'apparition d'algues vertes filamenteuses au niveau de la ligne de flottaison.



Algues rouges sous la ligne de flottaison.

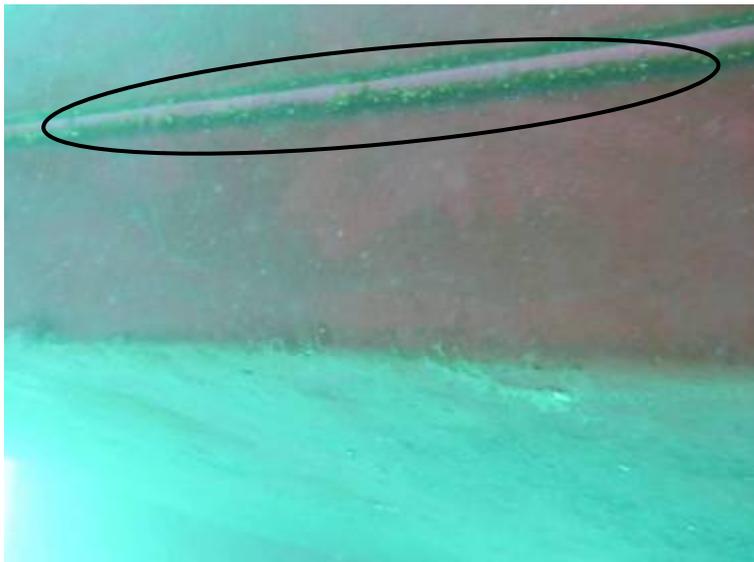


Colonisation algale sous la carène.

4<sup>ème</sup> suivi : 4 octobre (130 jours)



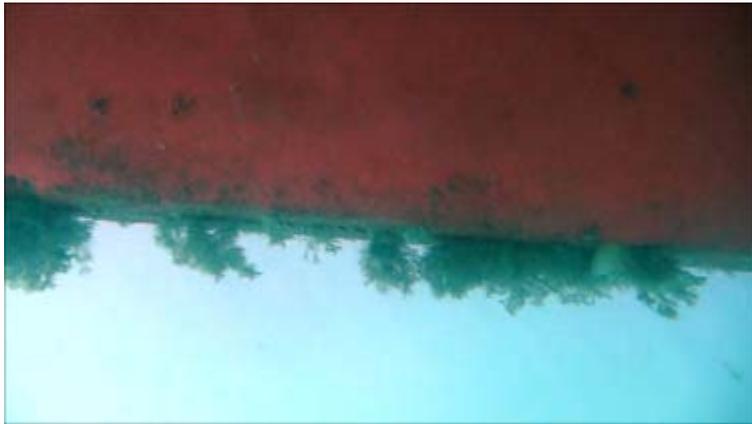
On observe la présence d'algues rouges sous la ligne de flottaison à l'avant de la carène.



Présence d'algues vertes au niveau de la ligne de flottaison bâbord.



Colonisation algale sur la partie plane sous la carène.



Colonisation algale sous la quille.

5<sup>ème</sup> suivi : 4 novembre (161 jours)



Toujours les mêmes algues rouges que lors des précédents suivis, en même quantité et même taille.



Le liseré d'algues vertes est également toujours présent mais semble se décomposer.



Algues brunes se fixant préférentiellement sur les tranches de la carène.



Algues brunes ayant colonisé le dessous de la carène ainsi que le dessous de la quille.

**6<sup>ème</sup> suivi : 18 novembre (175 jours)**



Après près de six mois de suivi, le bateau a été sorti de l'eau pour hivernage.

On remarque les algues brunes sur la carène.



Le bandeau d'algues vertes était toujours présent au niveau de la ligne de flottaison.



Les frottements des sangles de grutage ont enlevé une partie du fouling sur le bas de la quille. On observe également les algues brunes en partie basse.



Le bateau a été gruté hors de l'eau le 18 novembre après six mois de test. Le constat est que des algues vertes se sont développées au niveau de la ligne de flottaison et des algues rouges ou brunes dessous la carène et sous la quille principalement. La coque est recouverte d'une pellicule de fouling qui s'enlève très facilement. La seconde constatation non négligeable est l'absence de mollusques sur la carène ou encore de balanes.

Par rapport à l'an passé, le plaisancier s'est dit satisfait de la peinture et étonné de l'état de la coque après six mois passé dans l'eau. Il est prêt à remettre cette peinture l'an prochain (si elle n'est pas trop chère). D'après Nautix, cette peinture, qui n'est pas encore commercialisée, sera dans une tranche de prix tout à fait raisonnable.

### **6.3.3 Peinture Hempel au silicone**

Après contact auprès des fournisseurs de peintures antifouling du Pays de Brest, Imer Plougonvelin et la société Soloplast ont accepté de mettre à disposition de cette étude une peinture à base de silicone fabriquée par Hempel. Cette peinture ne contient pas de biocide.

Cette peinture ne convenant pas aux bateaux s'échouant régulièrement, le bateau test est sur ponton au port du Château à Brest. Il s'agit d'un voilier de 10 m avec une coque époxy. Les activités du plaisancier sont la promenade, la navigation et la croisière avec un nombre de sortie d'environ 20 par saison, sur la période printemps-été-automne.

La carène du voilier étant recouverte d'une peinture antifouling classique, il a été nécessaire de l'enlever avant d'appliquer la nouvelle peinture. Tout d'abord la peinture a été enlevée avec un grattoir droit puis un jet haute pression de 70 bars maximum. La coque a été dégraissée au white spirit et chiffon en coton. Le décapage a été réalisé avec une brosse et du papier de verre de grain 180 pour atteindre la couche d'époxy. Pour finir la coque a été grattée au grattoir, nettoyée au jet haute pression puis à l'éponge et au chiffon.

Une couche de primaire d'accrochage (Hempel light primer epoxy) a été appliquée au rouleau laqueur, puis une sous-couche (Tie Coat) et enfin deux couches de peinture au silicone (Hempel's Silic One 77450). La peinture est relativement facile à appliquer avec cependant une tendance au filage et une odeur très désagréable. La durée d'immobilisation du bateau a été de 5 jours pour un aspect final "peau de requin" et une appréciation globale très satisfaisante du plaisancier.



Le bateau a été remis à l'eau le 1<sup>er</sup> juillet.

1<sup>er</sup> suivi : 1<sup>er</sup> août

2<sup>ème</sup> suivi : 5 septembre

3<sup>ème</sup> suivi : 7 octobre

4<sup>ème</sup> suivi : 8 novembre

5<sup>ème</sup> suivi : 20 décembre

Le suivi a duré environ six mois sur la période de juillet à décembre.

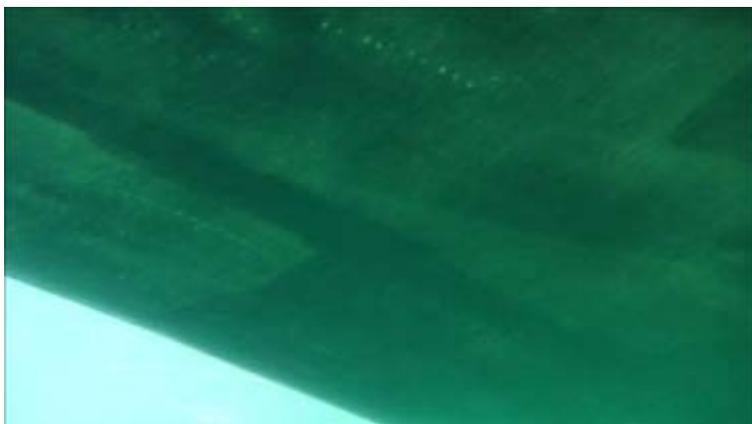
**1<sup>er</sup> suivi : 1<sup>er</sup> août (31 jours)**



On observe la présence de quelques algues vertes au niveau de la ligne de flottaison.



Des algues éparses sur le safran, se développent surtout au niveau de la tranche.



Il n'y a pas de colonisation sur la carène.

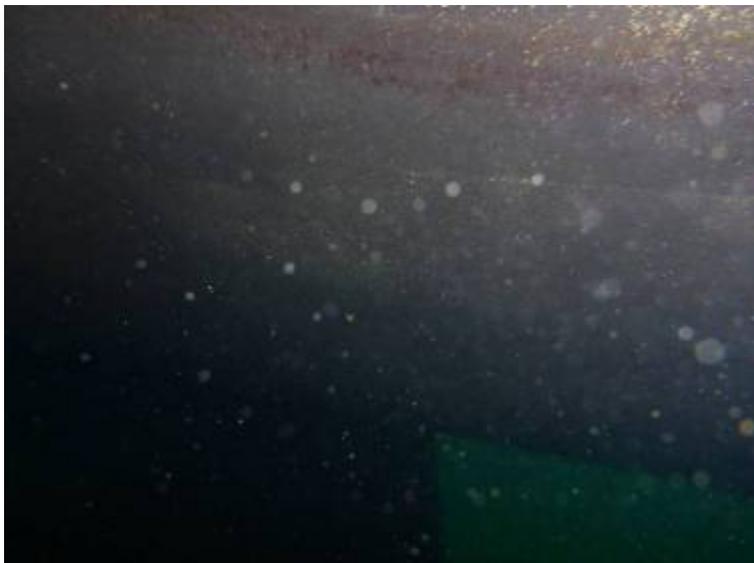
2<sup>ème</sup> suivi : 5 septembre (65 jours)



Développement d'algues autour des évacuations d'eau. Il n'y a pas de peinture sur les pourtours de l'évacuation.



Evacuations vue de la surface.



On note un léger développement de fouling sur la carène. Mais il n'y a pas d'accroche, il s'enlève facilement.

**3<sup>ème</sup> suivi : 7 octobre (97 jours)**



Les algues ont continué à se développer au niveau des évacuations, ainsi que sur la ligne de flottaison.



La colonisation du safran se poursuit également avec uniquement la présence d'un film d'algues.



On remarque quelques taches blanchâtres éparses sur l'arrière de la coque.



Présence d'amas d'algues épars sur la carène (à proximité des évacuations).

**4<sup>ème</sup> suivi : 8 novembre (129 jours)**



Après un peu plus de 4 mois d'immersion, le safran est recouvert d'une pellicule de fouling.



Vue zoomée du safran avec plusieurs épaisseurs de fouling.



Il y a peu de colonisation sur la carène, seulement un léger biofilm sur l'ensemble de la surface.



5<sup>ème</sup> suivi : 20 décembre (171 jours)



Quelques algues en développement au niveau de la ligne de flottaison.



Fouling blanchâtres sur la carène.



Algues vertes en petit amas sur la carène.



Colonisation sur le safran.



Organisme marin de forme étoilée en divers endroits de la carène.



Biofilm sur la carène.



On observe la présence d'algues et d'éponges autour des évacuations.

Au fil des mois, la carène s'est recouverte d'un fouling en fine couche qui s'enlève facilement. Par endroit, notamment au niveau des évacuations, le fouling est plus important mais composé principalement d'algues et d'éponges. Il y a peu de macrofouling sur la carène.

Le plaisancier est plutôt satisfait de la peinture testée et a comparé l'état de son bateau avec d'autres ayant fait leur carénage à la même période. Il juge l'état de sa carène plus propre avec moins d'algues. Il estime avoir gagné en glisse par rapport à son ancien antifouling.

## 6.4 Expérimentations autres

### 6.4.1 Parefouling Nautic Innovation sur une vedette

Le parefouling a été mis à disposition d'un plaisancier par la société Nautic Innovation afin de tester cette technique sur une vedette de 5,50 m sur ponton au port du Moulin Blanc à Brest. La carène est en plastique recouverte d'une peinture antifouling ayant été appliquée il y a 3 ans environ. L'activité principale du plaisancier est le waveboard, il s'agit d'une discipline dérivée du ski nautique avec une planche de type planche de surf à la place des skis. Le plaisancier pratique le waveboard durant la période de mai à novembre. Le bateau est ensuite sorti de l'eau et hiverné chez son propriétaire.

La mise en place du parefouling a été réalisée le 22 juin 2013, le bateau était déjà sur l'eau depuis environ un mois et la colonisation par les algues était déjà très importante, ce qui montre que l'antifouling n'était plus efficace.



On note la présence d'algues vertes filamenteuses au niveau de la ligne de flottaison.



Il y a autant d'algues à bâbord qu'à tribord.



La partie arrière présente une forte colonisation algale avec également des ascidies.

La première mise en place du parefouling a été réalisée en environ 30 minutes par une seule personne (ajustements compris).





Le parefouling a été installé sur la vedette par Mr Le Buzit de la société Nautic Innovation qui a développé le produit. Le parefouling se pose en commençant par la proue du bateau, il est ensuite tiré doucement jusqu'à recouvrir entièrement la coque. Des bouts sont installés à intervalles réguliers permettant sa mise en place et les différents réglage afin qu'il s'ajuste à la morphologie du bateau. Le parefouling a été conçu spécialement pour cette vedette selon des plans types et est conçu spécifiquement pour chaque type de bateau.

Mise en place : 22 juin

1<sup>er</sup> suivi : 15 juillet

2<sup>ème</sup> suivi : 1<sup>er</sup> août

3<sup>ème</sup> suivi : 12 septembre

4<sup>ème</sup> suivi : 4 octobre

5<sup>ème</sup> suivi : 16 novembre

Le suivi a donc été réalisé sur la période de mi-juin à mi-novembre avec deux période d'utilisation, l'une en août et la seconde en novembre.

### **1<sup>er</sup> suivi : 15 juillet**

Un mois après la démonstration de mise en place, on n'observe pas de changement dans l'état du bateau car le parefouling a été retiré par le plaisancier et n'a pas été remis durant cette période en raison de fréquentes sorties.



Le parefouling peut être stocké sur le catway avec une faible emprise au sol.



Les algues vertes filamenteuses sont toujours présentes au niveau de la ligne de flottaison.

### **2<sup>ème</sup> suivi : 1<sup>er</sup> août**

Le parefouling a été posé pour test par le plaisancier avec l'aide d'une autre personne. La mise en place a pris 5 à 10 minutes pour une dépose de 30 secondes.

Le nombre de sortie a été estimée à 12 sur la période juin - juillet.

L'état de la carène est identique au suivi précédent.

### **3<sup>ème</sup> suivi : 12 septembre**

Le parefouling a été utilisé sur une période d'environ trois semaines en août et enlevé le 3 septembre. En parallèle, le plaisancier a continué ses sorties en mer, le parefouling a donc été enlevé et remis régulièrement sur cette période. Au final, le temps de pose était de 5 minutes à deux personnes, la dépose étant ensuite très rapide. Il faut également compter un peu de temps pour le pliage de la bâche. Durant les sorties en mer, le parefouling était laissé sur le catway.



Parefouling sur le catway.



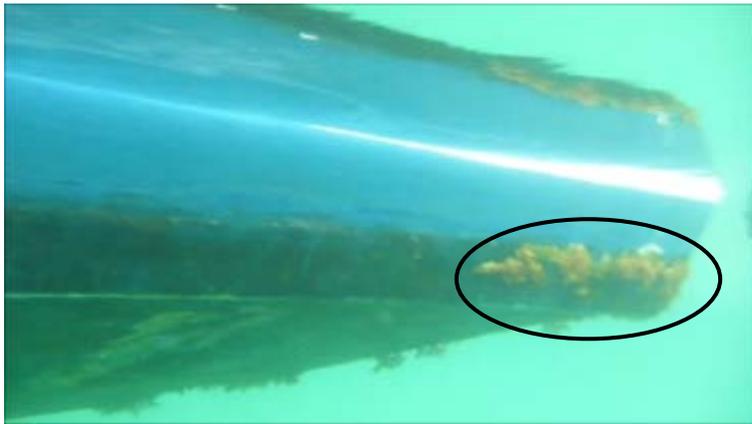
Quelques balanes et algues éparses sur l'enveloppe extérieure du parefouling. Le parefouling a été lavé à l'eau claire, sans frotter.



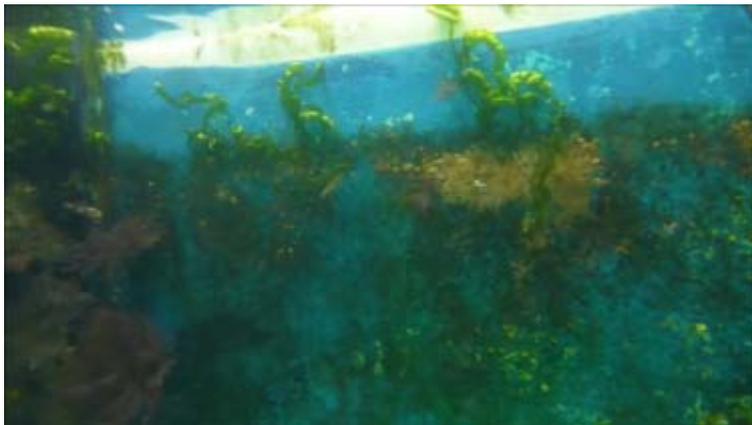
Les algues sont moins nombreuses au niveau de la ligne de flottaison et on ne voit plus les filaments.



On n'observe pas de colonisation sous la carène.



Par contre, les algues sont toujours présentes sur la partie arrière de la vedette.



On voit toujours de nombreuses algues de tout type sur le tableau arrière.

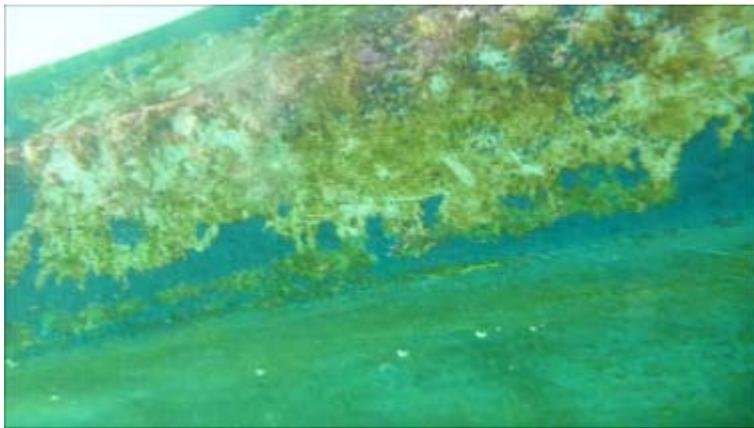
Le plaisancier a déploré une forte odeur de putréfaction à proximité du bateau les premiers temps de l'installation du parefouling. Il faut rappeler que les températures ont été élevées sur cette période. L'odeur est due à la décomposition des algues présentes sur la coque avant la pose du parefouling. Son rôle est bien d'empêcher ou de stopper la formation d'algues en créant l'obscurité sur la coque. Donc les algues se décomposent en créant une anoxie qui favorise encore plus la dégradation.

#### 4<sup>ème</sup> suivi : 4 octobre

Le parefouling n'a pas été remis depuis le 4 septembre.



Les algues sont de nouveau en développement au niveau de la ligne de flottaison.



Par endroit, la peinture est fortement érodée et présente un développement d'algues.



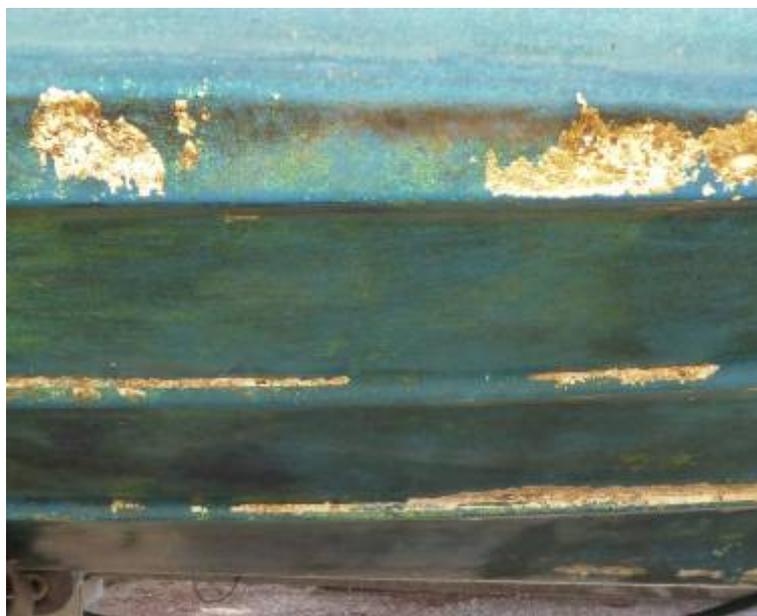
Présence d'algues brunes sur l'arrière de la carène.



Présence de nombreux organismes marins, dont des algues et des ascidies, sur le bloc support du moteur.

## 5<sup>ème</sup> suivi : 16 novembre

Le parefouling a été utilisé durant environ trois semaines avant sa dépose et l'hivernage du bateau le 16 novembre.



On constate la présence de quelques algues au niveau de la ligne de flottaison, peu de fouling sur la carène.



L'arrière du bateau présente une prolifération algale plus importante, particulièrement à tribord, et surtout au niveau du tableau arrière.



On observe divers organismes marins, dont des algues et des ascidies, sur le tableau arrière, sous l'embase du moteur de la vedette et ce depuis le début du suivi.



Le fouling présent sur la carène s'enlève facilement au jet haute pression.

Pour une utilisation optimale du parefouling, il aurait été nécessaire de laisser le parefouling sur une plus longue période, notamment en début de suivi, afin de limiter la colonisation de la carène. Ensuite l'idéal est de laisser le parefouling durant une période relativement longue.



Etat du parefouling, côté intérieur, après un nettoyage au jet haute pression.



Sur le côté extérieur du parefouling, on voit que la partie arrière n'était pas correctement ajustée et que cela a occasionné un développement de fouling.



Algues brunes sur l'enveloppe du parefouling, mais qui s'enlèvent facilement au jet haute pression, même si quelques filaments sont plus difficiles à faire partir.

Le plaisancier s'est dit satisfait du parefouling et prêt à l'utiliser dès le début de la saison prochaine. L'inconvénient majeur aura été l'odeur nauséabonde durant l'été, due à la décomposition des algues présentes sur la coque avant la pose du parefouling. D'autre part, le parefouling n'était pas suffisamment adapté au tableau arrière de la vedette, et laissait passer de la lumière favorisant un développement d'algues, qui ne s'est pas produit sur le reste de la carène. Le temps de pose du parefouling ne semble pas être un problème majeur car limité à 5 minutes à deux personnes, de même que sa dépose et son pliage. Le plaisancier a également indiqué avoir passé moins de temps à nettoyer son bateau que les années précédentes car le fouling se décrochait facilement de la carène. De même le parefouling est relativement facile à nettoyer.

## 6.4.2 Parefouling Nautic Innovation sur un flotteur de catway

En parallèle de l'utilisation par le plaisancier, un parefouling a été installé sur le flotteur d'un catway au port du Moulin Blanc le 22 juin. Le suivi a été réalisé environ une fois par mois, mais le parefouling est resté en place tout au long de l'étude.

1<sup>er</sup> suivi : 1<sup>er</sup> août

2<sup>ème</sup> suivi : 9 septembre

3<sup>ème</sup> suivi : 4 octobre

4<sup>ème</sup> suivi : 8 novembre

**Mise en place : 22 juin, état du flotteur avant l'installation du parefouling**



Présence d'organismes marins variés (algues, éponges, ascidies...).



Présence d'algues vertes avec de longs filaments.

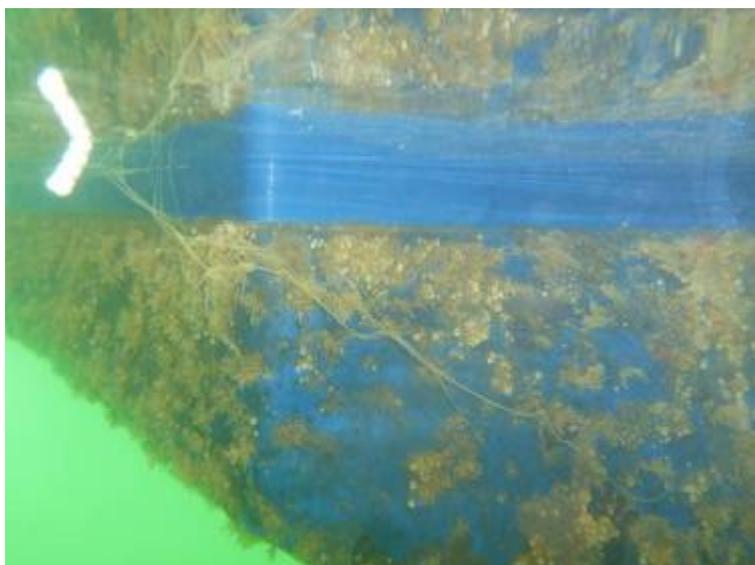
### 1<sup>er</sup> suivi : 1<sup>er</sup> août (40 jours)



Fouling en décomposition à la surface du flotteur.



débris décrochés du flotteur accumulés au fond du parefouling.



enveloppe extérieure du parefouling qui commence à se coloniser.

2<sup>ème</sup> suivi : 9 septembre (79 jours)



Il y a de moins en moins de fouling à la surface du flotteur.



Débris au fond du parefouling.



Forte colonisation sur l'enveloppe extérieure (principalement des algues brunes, mais également des ascidies).

3<sup>ème</sup> suivi : 4 octobre (104 jours)



Fouling mort restant accroché à la surface du flotteur.



Débris en décomposition au fond de l'enveloppe.



Fouling, principalement composé d'algues brunes sur la surface extérieure du parefouling.

4<sup>ème</sup> suivi : 8 novembre (139 jours)



Toujours un peu de fouling sur le flotteur mais en décomposition.



Enveloppe extérieure très fortement colonisée par le fouling (algues et ascidies).

On constate le report du fouling sur l'extérieur de l'enveloppe. Par contre, le fouling a quasiment disparu de la surface du flotteur dès 40 jours de pose et ne s'est pas réinstallé par la suite. L'efficacité du parefouling est réelle mais nécessite un nettoyage régulier de l'enveloppe extérieure pour éviter sa colonisation par du macrofouling. Des tests sont actuellement en cours par le fabricant pour éviter au maximum la prolifération du fouling sur l'extérieur de parefouling.

Il faudrait également revoir les ajustements au niveau du tableau arrière.

### 6.4.3 Robot laveur Hulltimo Pro

Un test de nettoyage de carène avec les robots laveurs de la société Hulltimo a été réalisé le 15 novembre 2013 par la société Eco Ouest marine. Le bateau test est un voilier de 10,20 m au ponton au port du Moulin Blanc à Brest. Le voilier a été caréné en juin 2013 mais le plaisancier ne se souvenait pas du type de peinture appliqué.

Les deux robots développés par la société Hulltimo ont été testés :

- L'Hulltimo pro qui est un robot télécommandé équipé de caméras permettant de diriger le robot sur la totalité de la carène à flot.
- L'Hulltimo smart qui fonctionne sur batterie et se dirige manuellement à l'aide de perches.

Des prises de vue ont été réalisées avant et après le passage des robots. Seule une partie de la carène a été nettoyée car l'ensemble prend environ 1 heure.

Nous n'avons pas trouvé de plaisancier volontaire pour tester cette technique de lavage sur une saison complète, les contacts ayant été pris trop tardivement.

#### Présentation de l'Hulltimo pro :

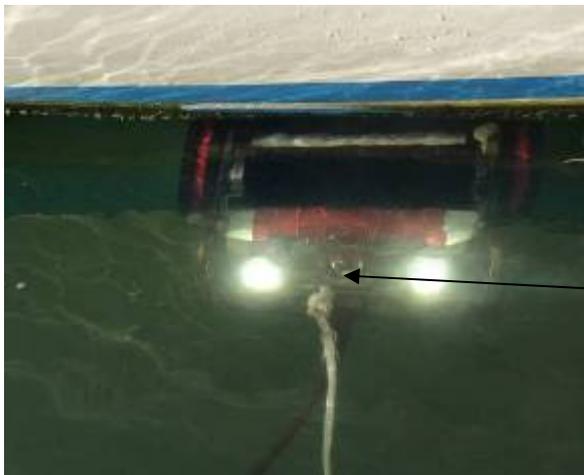


Caisse de transport de l'Hulltimo pro.



L'Hulltimo pro dispose d'une brosse rotative articulée à l'avant et de deux brosses rotatives sous le robot.

L'Hulltimo pro se plaque sur la carène et se dirige avec un système de deux roues sur chenille de chaque côté.

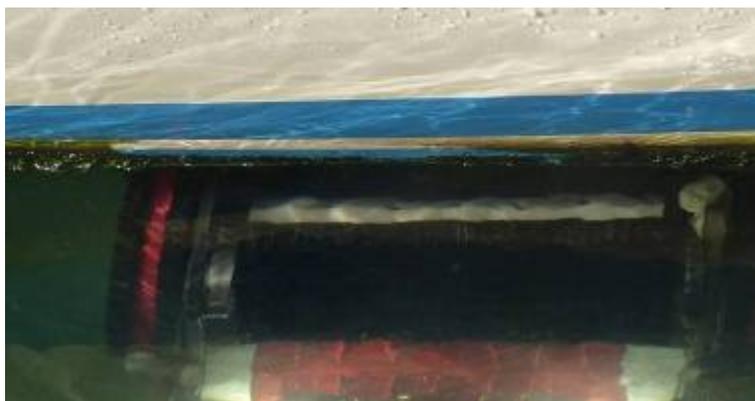


Caméra

Le robot est équipé d'une caméra à l'avant et une autre à l'arrière ainsi que de projecteurs.

### Lavage de la carène avec l'Hulltimo pro :





Nettoyage de la ligne de flottaison.



Sac de récupération des déchets, après le lavage de la carène.

Le test n'a pas été réalisé sur l'ensemble de la carène et ne donne donc qu'une indication sur les possibilités réelles du robot.

Il semble relativement efficace sur une carène peu sale, sans macrofouling. Par exemple, les algues vertes filamenteuses présentes au niveau de la ligne de flottaison n'ont pas pu être totalement enlevées. Pour être efficace, le lavage doit être réalisé plusieurs fois dans la saison en fonction de l'état de salissure de la carène. Le sac de récupération des déchets permet de limiter la pollution au milieu.

Le robot est efficace lorsqu'il est manié par un professionnel expérimenté et le lavage d'un bateau d'une dizaine de mètres prend une à deux heures. La présence de caméras est un avantage non négligeable. Les endroits inaccessibles par le robot (safran, dessous des bulbes...) peuvent être nettoyés, en complément, par le robot Hulltimo smart.

#### 6.4.4 Robot laveur Hulltimo smart

Présentation de l'Hulltimo smart :



Robot laveur avec le sac de récupération des déchets de lavage.



Brosse rotative avec système de ventouse pour coller contre la carène.



Batteries se portant à la ceinture pour alimenter le robot Hulltimo smart.



Le robot se plaque contre la carène et se dirige à l'aide de perches soit à partir du ponton, soit à partir du pont du bateau.



Le nettoyage complet nécessite plusieurs passages du robot. L'inconvénient est qu'il ne dispose pas, pour l'instant mais c'est en cours de développement, de caméras.



Il est plus difficile d'enlever les algues plus sèches au niveau de la ligne de flottaison

Le robot laveur Hulltimo smart est léger et peut être utilisé pour des bateaux au mouillage car il est alimenté par des batteries qui tiennent à la ceinture. Leur autonomie est d'environ une heure. De plus, les perches permettent une utilisation à partir du pont du bateau, sous réserve, pour le plaisancier, de prendre les mesures de précautions nécessaires (port de harnais de sécurité).

L'absence de caméra ne permet pas de voir l'état de la carène après le passage du robot. Il est parfois nécessaire de réaliser plusieurs passages au même endroit pour avoir un nettoyage idéal. Tout comme le robot Hulltimo pro il faut réaliser plusieurs lavages durant la saison et ne pas attendre le développement du macrofouling.

Afin de réduire les coûts, ce type de matériel pourrait être acheté par une association de plaisanciers, charge à elle de le mettre à disposition de ces adhérents.



## 7 Conclusion

Il existe actuellement plusieurs solutions alternatives aux peintures antifouling classiques mais les plaisanciers sont encore réticents à les utiliser. Le but de cette étude est donc de vérifier l'efficacité de ces nouvelles techniques pour permettre au Pôle métropolitain du Pays de Brest de faire des préconisations aux plaisanciers.

Les tests ont été réalisés en fonction de la bonne volonté des fournisseurs qui ont accepté de participer à l'étude et de fournir leur produit gracieusement. De même, les bateaux choisis étaient fonction des plaisanciers volontaires (certains s'étant désistés au dernier moment).

Les premiers tests ont débuté en avril et les derniers ont fini en décembre. Chaque test a duré environ 5 à 6 mois et se sont terminés avec la fin de la saison de navigation des bateaux.

Pour chaque test réalisé, nous avons édité une fiche récapitulative avec la description de la peinture ou de la technique testée, les avantages, les inconvénients et les limites.

## Peinture Nautix à matrice dure, sans cuivre avec un biocide nouvelle génération (tralopyril)



### Avantages

- 👍 Ne contient pas de cuivre pouvant donner des sous-produits ou s'accumuler dans les sédiments.
- 👍 Contient un biocide de nouvelle génération (tralopyril), moins impactant pour l'environnement que ceux actuellement utilisés.
- 👍 Bonne efficacité contre les algues.
- 👍 Bonne tenue de la peinture aux échouages.
- 👍 S'applique comme une peinture classique.

### Inconvénients

- 👎 Peu efficace contre le fouling type balanes, en milieu très chargé, mais la peinture est toujours en phase de test et d'amélioration.
- 👎 Contient un biocide donc apport de molécule potentiellement néfaste au milieu marin.

### Limites

- 👎 Le carénage est toujours obligatoire et doit être réalisé sur un site adapté.

<http://www.nautix.com>

## Peinture Nautix à relargage contrôlé avec un taux réduit en cuivre (moins de 20 %)



### Avantages

- 👍 Contient moins de métal lourd pouvant donner des sous produits ou s'accumuler dans les sédiments.
- 👍 Ne contient pas de biocide organique.
- 👍 Bonne efficacité.
- 👍 S'applique comme une peinture classique.

### Inconvénients

- 👎 Contient du cuivre et du pyrithione de cuivre donc apport de molécules potentiellement néfastes au milieu marin.

### Limites

- 👎 Le carénage est toujours obligatoire et doit être réalisé sur un site adapté.

<http://www.nautix.com>

## Peinture Hempel au silicone



### Avantages

- 👍 Ne contient pas de biocide, ni de métal lourd.
- 👍 Bonne efficacité.
- 👍 Améliore la glisse (gain en vitesse et diminution de la consommation en carburant).

### Inconvénients

- 👎 Contient des solvants.
- 👎 Contient du silicone, revêtement persistant, non biodégradable à court terme dont on ne connaît pas la toxicité en milieu marin.
- 👎 Lourde préparation de la coque lors de la 1<sup>ère</sup> application.

### Limites

- 👉 Nécessite un à deux lavages de la carène durant la saison, mais pas de carénage.
- 👉 Non compatible avec des bateaux s'échouant avec la marée.
- 👉 La peinture au silicone doit être intégralement retirée pour revenir à un antifouling classique.

<http://www.boatpaint.co.uk/acatalog/Hempel-Silic-One-Fouling-Release-System.html> ; <http://www.defense.gouv.fr/marine/enjeux/environnement/limite-de-l-impact-environnemental/peinture-verte-pour-bateaux-gris/peinture-verte-pour-bateaux-gris> ; <http://www.nauticexpo.fr/prod/plasticoque/anti-fouling-ecologiques-haute-performance-pour-bateau-de-plaisance-21589-240130.html>

### Parefouling Nautic Innovation

Le principe du parefouling est de placer une « barrière » entre la coque du bateau et l'eau. Cette enveloppe opaque et anti-adhérente (sur son côté externe) emprisonne une fine épaisseur d'eau autour de la coque. Ne laissant pas passer la lumière et le renouvellement de l'eau étant inexistant (absence d'oxygène), elle empêche les micro-organismes et les algues de se développer.



#### Avantages

- 👍 Limite l'utilisation d'antifouling.
- 👍 Pas de carénage.
- 👍 Bonne efficacité.

#### Inconvénients

- 👎 Nécessite de la manutention avant et après les sorties en mer : retrait du parefouling, lavage à l'eau claire, pliage et stockage ; au retour : mise en place du parefouling. (prévoir environ 10 à 15 minutes au total par sortie).
- 👎 Mauvais ajustement au niveau du tableau arrière, mais en cours d'amélioration.

#### Limites

- 👎 Dans la version actuelle, le parefouling est fabriqué en série pour des bateaux jusqu'à 8 m et sur mesure au-delà. Il est en cours de développement pour des voiliers plus grand à faible tirant d'eau.
- 👎 Peut être utilisé sur mouillage mais sans échouage et peu exposé.
- 👎 Impossibilité d'utiliser les sanitaires du bateau après la pose de l'enveloppe (sauf adaptations particulières).

<http://nautic-innovation.fr>

### Robot laveur Hulltimo Pro

C'est un robot électrique télécommandé contrôlé par un opérateur qui permet l'entretien des carènes à flot. Le robot est composé d'un système d'aspiration et de plusieurs brosses rotatives pour effectuer un nettoyage de la carène. Il reste collé à la carène grâce au flux d'eau créé par la rotation de ses brosses. Le système d'aspiration, permet d'aspirer les déchets dus au nettoyage qui sont ensuite filtrés et récupérés dans un sac intégré au robot.



#### Avantages

- 👍 Limite l'utilisation d'antifouling.
- 👍 Bonne efficacité avec un personnel formé.
- 👍 Récupération des déchets.
- 👍 Nettoyage réalisé à flot.

#### Inconvénients

- 👎 Nécessite plusieurs lavages de la carène durant la saison.
- 👎 Le temps de lavage est relativement long (1 à 2 heures pour un bateau de 10 mètres).
- 👎 Certains endroits de la carène sont difficilement accessibles au robot : safrans, dessous des bulbes...).

#### Limites

- 👎 L'Hulltimo pro ne semble pas pratique du fait de son encombrement pour des bateaux au mouillage.
- 👎 Le robot ne peut pas être utilisé sur des matrices érodables ou mixtes.

### Robot laveur Hulltimo Smart

C'est un système qui permet à tout plaisancier de nettoyer soit même la coque de son bateau sans avoir à plonger ou à sortir son bateau de l'eau. Il se compose d'une brosse rotative et d'une perche réglable. Il est idéal pour un nettoyage des petits bateaux jusqu'à 10 mètres et permet d'atteindre les points difficiles des plus gros bateaux (safrans, proues, ...). Comme l'Hulltimo Pro, il possède un système d'aspiration lui permettant de se coller à la coque et de récupérer les déchets issus du nettoyage dans un sac jetable.



#### Avantages

- 👍 Limite l'utilisation d'antifouling.
- 👍 Bonne efficacité avec un peu d'expérience.
- 👍 Récupération des déchets.
- 👍 Nettoyage réalisé à flot.

#### Inconvénients

- 👎 Nécessite plusieurs lavages de la carène durant la saison.
- 👎 Le temps de lavage peut être relativement long.
- 👎 L'absence de caméra ne permet pas de visualiser les endroits nettoyés.

#### Limites

- 👎 L'autonomie des batteries est d'environ une heure.
- 👎 Les robots ne peuvent pas être utilisés sur des matrices érodables ou mixtes.

<http://hulltimo.com/fr/> ; <http://www.voilesnews.fr/layout/set/print/News/Equipement-Service/69351-Hulltimo-Hulltimo-democratise-l-entretien-des-carenes-en-immersion-avec-la-brosse-sur-perche>



Photo : IDHESA Bretagne Océane



**Rapport réalisé par Valérie Cozic, Gaël Durand**

*Version du 07 février 2014*

A compter du 1<sup>er</sup> janvier 2014, le GIP IDHESA Bretagne Océane et le LDA 22 seront désormais une seule et même entité portant le nom de GIP LABOCEA.

**LABOCEA**

**120 rue Alexis de Rochon**

**29 280 PLOUZANE**

Contact tél : 02 98 34 11 19

Mail : [valerie.cozic@labocea.fr](mailto:valerie.cozic@labocea.fr)