



Établissement public du ministère  
chargé du développement durable



Version 6  
15/05/2014

Agence de l'Eau Loire Bretagne  
Délégation Ouest Atlantique  
1, rue Eugène Varlin – BP 40521  
44105 NANTES Cedex 4

## DOCUMENT SYNTHÈSE DE 10 AUDITS DE CHANTIERS DE CARENAGE

Etude sous maîtrise d'ouvrage Agence de l'eau Loire Bretagne



Synthèse réalisée  
par SOCOTEC INDUSTRIES  
Valérie SAPIN – Céline SEIGLE  
Agence de NANTES

# **PREAMBULE**

CETTE ETUDE A ETE REALISEE SOUS LA MAITRISE D'OUVRAGE DE L'AGENCE DE L'EAU LOIRE BRETAGNE EN PARTENARIAT AVEC LES CHAMBRES REGIONALES DES METIERS ET DE L'ARTISANAT DE BRETAGNE ET DES PAYS DE LA LOIRE ET LA FEDERATION DES INDUSTRIES NAUTIQUES

ONT PARTICIPE EGALEMENT A CE PROJET LA CMA 22, CMA 44 ET CMA 85 ; LES CONSEILS GENERAUX DU FINISTERE ET MORBIHAN AINSI QUE LA DDE DE LOIRE ATLANTIQUE.

LA MAITRISE D'OEUVRE A ETE ASSUREE PAR :

VALERIE SAPIN, CELINE SEIGLE, CHRISTOPHE ALLAIN  
CONSULTANTS ENVIRONNEMENT RISQUES INDUSTRIELS

ET EN COLLABORATION AVEC HENRI MILLET  
ET LAURO CIMOLINO, EXPERTS « EAU » GROUPE SOCOTEC

**SOCOTEC INDUSTRIES**  
**Valérie SAPIN**  
**Agence de NANTES**  
BD MARCEL PAUL  
PARC DE L'ANGEVINIERE  
44 800 SAINT HERBLAIN

☎ : 02.28.01.77.40

📠 : 02.28.01.94.50

**Agence de BREST**  
**Christophe ALLAIN**  
ZAC de KERGADEDEC III  
180 rue de Kerervern  
29806 BREST Cedex 9

☎ : 02 29 61 20 40

📠 : 02 29 61 20 44

# SOMMAIRE

<b>1</b>	<b>CONTEXTE DE L'ETUDE</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>CONTEXTE REGLEMENTAIRE ET ENVIRONNEMENTAL</b>	<b>6</b>
2.1	CONTEXTE REGLEMENTAIRE	6
2.2	CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL	8
2.3	PROPOSITION DE VALEURS GUIDES	9
<b>3</b>	<b>ANALYSE DES SITES AUDITES</b>	<b>10</b>
3.1	PRESENTATION DES CHANTIERS DE L'ETUDE TEST	10
3.2	DESCRIPTION DES ACTIVITES DES CHANTIERS ET DE LA POLLUTION ENGENDREE	10
3.3	BILANS AQUEUX	14
3.4	DETERMINATION DES FLUX SPECIFIQUES DE POLLUTION	14
<b>4</b>	<b>PROPOSITION D' ACTIONS : ETUDE TECHNICO-ECONOMIQUE</b>	<b>17</b>
4.1	CREATION D'UNE AIRE DE CARENAGE	17
4.2	SOLUTIONS DE TRAITEMENT DES EAUX ISSUES DES ACTIVITES DU CHANTIER	18
4.2.1	<i>Enlèvement en tant que déchet dangereux</i>	19
4.2.2	<i>Traitement mobile</i>	20
4.2.3	<i>Traitement In-Situ : filière exhaustive</i>	21
4.2.4	<i>Bilan</i>	24
<b>5</b>	<b>METHODOLOGIE D'AUDIT</b>	<b>25</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSION</b>	<b>26</b>

## Liste des tableaux :

TABLEAU 1 : LOCALISATION ET CAPACITE DES CHANTIERS TEST .....	10
TABLEAU 2 : DESCRIPTIF DES ACTIVITES GENERATRICES DE POLLUTION RECENSEES SUR LES CHANTIERS DE CARENAGE AUDITES.....	11
TABLEAU 3 : APPLICATION DE LA FOURCHETTE DE FLUX DETERMINEE A CHAQUE CHANTIER. ....	15
TABLEAU 4 : PRINCIPES DE FONCTIONNEMENT DE LA FILIERE DE TRAITEMENT DES EAUX .....	23

## Liste des figures :

FIGURE 1 : COMPOSITION CHIMIQUE DES PEINTURES ANTIFOULING .....	12
FIGURE 2 : MECANISME DE LIBERATION DES SUBSTANCES ACTIVES SELON LE TYPE DE MATRICE CONSIDEREE .....	13
FIGURE 3 : METHODOLOGIE POUR DETERMINER LA FOURCHETTE DE FLUX SPECIFIQUES DE POLLUTIONS DES EFFLUENTS DE CARENAGE. ....	15
FIGURE 4 : PRESENTATION DES DEUX CONFIGURATIONS D'AIRES DE CARENAGE PROPOSEES.....	18
FIGURE 5 : PRESENTATION DE LA FILIERE DE TRAITEMENT MOBILE ENVISAGEE	20
FIGURE 6 : PRESENTATION DE LA FILIERE DE TRAITEMENT IN SITU EXHAUSTIVE PROPOSEE .....	22

## **1 Contexte de l'étude**

Actuellement, la politique environnementale de l'Union Européenne concernant les milieux aquatiques est axée sur une amélioration quantifiable des masses d'eau. Il est notamment demandé aux états membres de réduire de 30 % à 50 % les rejets dans le milieu naturel aquatique des substances prioritaires et d'éliminer les substances prioritaires dangereuses de ces rejets (Directive Cadre sur l'Eau). La liste de ces substances a été établie par la décision du parlement européen du 20 novembre 2001.

L'Agence de l'Eau Loire Bretagne (AELB), en raison de la position géographique du bassin hydrographique Loire Bretagne et de son exposition littorale, a orienté son 9<sup>ème</sup> programme d'aides en cours pour lutter contre la pollution maritime. Un volet de ce programme concerne notamment les ports de plaisance et plus précisément les chantiers de carénage de bateaux. En effet, lors de l'opération de carénage, la peinture antifouling présente sur la coque des bateaux est « décollée » en même temps que les algues et les coquillages grâce à l'utilisation d'un laveur haute pression.

Actuellement, très peu de chantiers de carénage sont équipés d'un système de collecte et de traitement de ces effluents. De ce fait, les composants chimiques constitutifs des peintures antifouling se retrouvent dans le milieu naturel. Pris au cas par cas, les petits chantiers de carénage représentent une faible source de pollution du milieu marin ; les rejets de ces chantiers sont d'ailleurs trop faibles pour être soumis à une redevance sur l'eau ou parfois, pour certains d'entre eux, être concernés par une réglementation telle que celle relative aux Installations Classées pour la Protection de l'Environnement ou la Loi sur l'Eau. Toutefois, la pollution générée cumulée par plusieurs chantiers devient non négligeable.

Aussi, en préalable au lancement d'une opération collective intitulée « aires de carénage propres » par l'Agence de l'Eau Loire Bretagne, le bureau d'étude SOCOTEC INDUSTRIES a été chargé de réaliser 10 audits tests sur des chantiers de carénage dans le but d'améliorer la méthodologie d'audit proposée par l'Agence de l'Eau et indispensable avant le financement et la réalisation de travaux.

Par ailleurs, suite à la réalisation de ces audits, une étude technico-économique a été réalisée sur les faisabilités de traitement des effluents issus de ces activités.

## 2 Contexte réglementaire et environnemental

### 2.1 Contexte réglementaire

Afin de motiver et d'appuyer l'action de l'AELB, la première étape de cette étude a été de déterminer à quels textes réglementaires les rejets des chantiers de carénage pouvaient être soumis. Un référentiel réglementaire est en effet souhaitable afin de déterminer les valeurs de rejets limites à atteindre en sortie de l'installation de traitement en vue de la protection du milieu naturel. Un examen des différents référentiels réglementaires a été réalisé.

La législation relative à la bonne gestion des boues et des déchets toxiques issus de ces activités n'est pas appréhendée dans le cadre de cette étude. Cette thématique est néanmoins abordée par le cahier des charges Type des études préalables.

Les textes réglementaires suivants ont été consultés dans le cadre de cette étude afin d'évaluer leur applicabilité par rapport au contexte étudié :

- ↳ **Les Règlements Sanitaires Départementaux** des Côtes d'Armor, du Finistère, de l'Ille et Vilaine et du Morbihan. L'article 90 de ces RSD stipule « qu'il est interdit de déverser directement ou indirectement dans la mer, les cours d'eau, lacs, étangs, canaux, sur leurs rives et dans les nappes alluviales, toutes matières usées, tous résidus fermentescibles d'origine végétale ou animale, toutes substances solides ou liquides toxiques ou inflammables, susceptibles de causer un danger ou une cause d'insalubrité, de communiquer à l'eau un mauvais goût ou une mauvaise odeur, de provoquer un incendie ou une explosion ». Toutefois, ces RSD ne fournissent aucune indication concernant des valeurs limites de rejets.
- ↳ **Arrêté du 2 février 1998** relatif aux prélèvements et à la consommation d'eau ainsi qu'aux émissions de toute nature des ICPE<sup>(1)</sup> soumises à autorisation. Cet arrêté fournit des valeurs limites de rejet pour les ICPE dont ne relèvent pas les chantiers de carénage.
- ↳ **La loi sur l'eau et les milieux aquatiques du 30 décembre 2006 codifiée au Code de l'Environnement**. Cette loi a conduit à la rédaction de divers arrêtés concernant les rejets en mer et les impacts sur le milieu marin :
  - **Arrêté du 02/08/09** fixant les prescriptions générales applicables aux rejets soumis à déclaration en application des articles 'L.214-1 à L.214-3' du code de l'environnement et relevant de la rubrique référence '2.2.2.0' de la nomenclature annexée au décret n°93-743 du 29 mars 1993 modifié codifié dans le Co de de l'Environnement.
  - **Arrêté du 23/02/01** fixant les prescriptions générales applicables aux rejets soumis à déclaration en application de l'article 10 de la loi n°92-3 du 3 janvier 1992 sur l'eau et relevant de la rubrique 3.4.0 (2°a, II-2° b, II, et 3°b) de la nomenclature annexée au décret n°93-743 du 29 mars 1993 modifié codifié dans le Code de l'Environnement.
  - **Arrêté du 23/02/01** fixant les prescriptions générales applicables aux rejets soumis à déclaration en application de l'article 10 de la loi n°92-3 du 3 janvier 1992 sur l'eau et relevant de la rubrique 3.3.1(2°) de la nomenclature annexée au décret n°93-743 du 29 mars 1993 modifié codifié dans le Code de l'Environnement.
  - **Arrêté du 23/02/01** fixant les prescriptions générales applicables aux travaux de dragage et rejet y afférent soumis à déclaration en application 'des articles L.214-1 à L.214-3 du code de l'environnement et relevant de la rubrique '4.1.3.0 (2)[a,II], 2[b,II] et 3[b])' de la nomenclature annexée au décret n°93-743 du 29 mars 1993 modifié codifié dans le Code de l'Environnement.
  - **Arrêté du 09/08/06** relatif aux niveaux à prendre en compte lors d'une analyse de rejets dans les eaux de surface ou sédiments marins, estuaires ou extraits de cours d'eau ou canaux relevant respectivement des rubriques 2.2.3.0, 4.1.3.0 et 3.2.1.0 de

<sup>(1)</sup> : ICPE : Installations classées pour la protection de l'environnement

la nomenclature annexée au décret n°93-743 du 29 mars 1993 codifié dans le Code de l'Environnement.

Toutefois, ces arrêtés fournissent uniquement des préconisations et en aucun cas des valeurs limites de rejet dans le milieu marin.

- ↗ **La directive n° 79/923/CEE du 30 octobre 1979** relative à la qualité requise des eaux conchylicoles et le **décret n° 81-324 du 07/04/81** fixant les normes d'hygiène et de sécurité applicables aux piscines et aux eaux de baignades aménagées. Ces textes fournissent des valeurs limites pour des paramètres physico-chimiques classiques (DCO, MES, température, couleur...) et biologiques dans le milieu récepteur. Les valeurs de ces paramètres sont semblables à ceux présents dans l'arrêté du 2 février 1998. Il est à noter que certains chantiers de carénage rejettent à proximité de zones conchylicoles ou de baignade.
- ↗ **Le SDAGE (Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux)**. Approuvé par le Préfet Coordonnateur de Bassin le 18 novembre 2009 pour la période 2010-2015, il est un des outils de mise en œuvre de la Directive Cadre sur l'Eau adopté en 2000 (2000/60/CE en date du 23 octobre 2000). Parmi, les 15 orientations fondamentales, la n°10 concerne spécifiquement la préservation du littoral notamment au regard de la disposition 10-B qui demande une limitation, voire suppression de certains rejets en mer.
- ↗ **Le SAGE (Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux) et notamment celui de la Vilaine**. Ce document fournit des préconisations concernant la gestion des eaux sur le secteur du bassin Loire Bretagne considéré. Des valeurs limites concernant la qualité des eaux douces superficielles utilisées ou destinées à être utilisées pour la production d'eau pour la consommation humaine sont indiquées dans spécifiquement dans le règlement de ce SAGE. Il est à noter que les autres SAGE ayant fait l'objet de notre étude sont en cours d'élaboration ou ne fournissent à ce jour aucune valeur limite.
- ↗ **Décision du parlement européen et du conseil du 20 novembre 2001** établissant la liste des substances prioritaires dans le domaine de l'eau et modifiant la directive 2000/60/CE. Parmi ces substances se trouvent le benzène, le diuron, le di(2-ethylhexyl)phthalate, les pentachlorophénols et divers composés du phénol, composés du Tributylétain (TBT).
- ↗ **Arrêté préfectoral n°2008-1099 du 20 juin 2008** autorisant les travaux d'aménagement de l'aire de carénage du port de LOCTUDY et l'**arrêté préfectoral n°2005-0939 du 23 août 2005** autorisant les travaux d'aménagement portuaire sur l'estuaire de l'Aber-Wrac'h sur la commune de LANDEDA. Ces arrêtés préfectoraux fournissent des valeurs limites de rejet des effluents de carénage. Ces valeurs limites ont été établies suite à des études d'acceptabilité du milieu récepteur et sont assez proches des valeurs présentes dans l'arrêté du 2 février 1998 relatif aux prélèvements et à la consommation d'eau ainsi qu'aux émissions de toute nature des ICPE.
- ↗ **Arrêté ministériel du 25 janvier 2010** établissant le programme de surveillance de l'état des eaux et apportant des précisions relatives aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique et chimique des eaux de surface ainsi que sur les NQE (Normes de Qualité Environnementales).

La majorité des chantiers de carénage entrant dans le cadre de l'étude sont de Très Petites Entreprises qui ne relèvent pas directement de l'arrêté ministériel du 2 février 1998 relatif aux ICPE.

**A l'heure actuelle, le seul référentiel réglementaire concernant des valeurs limites de rejets applicables aux petites structures de carénage est l'arrêté du 9 août 2006 qui précise le niveau de procédure (déclaration, autorisation) et les flux massiques de polluants autorisés au rejet au regard des flux de polluants bruts (en amont d'un traitement). Cet arrêté figure en annexe 2.**

**Pour les chantiers ou aires de carénage existant avant le 29/03/1993, il est important de mentionner que l'article R214-53 du code de l'environnement permet d'appliquer la règle dite « d'antériorité ».**

**Elle demande à l'exploitant de déposer une déclaration d'existence complétée de l'étude technique du dispositif de traitement des effluents de carénage existant.**

Cette déclaration peut ainsi faire l'objet d'une régularisation par le service de la police de l'eau de la DDTM et d'un arrêté de prescriptions encadrant la surveillance du rejet.

**Un modèle est joint en Annexe 6.**

## ***2.2 Contexte environnemental***

Le bassin hydrographique Loire Bretagne présente au niveau de certaines zones une sensibilité particulière du milieu récepteur, notamment sur son littoral. Les partenaires de cette opération (l'Agence de l'Eau Loire Bretagne, la Chambre des Métiers et de l'Artisanat de Bretagne et la Fédération des Industries Nautiques) étaient favorables à ce que cet aspect soit pris en compte dans l'étude « aires de carénage propres ». Ainsi le système de traitement des eaux souillées issues d'un chantier situé en zone sensible devrait être très performant, voire plus performant qu'un système de traitement installé sur un chantier en zone non sensible.

Les zones présentant un milieu récepteur qualifié de « sensible » sont les territoires du bassin hydrographique qui comportent des zones conchylicoles, des zones salmonicoles ou encore des zones de baignades.

Les zones soumises à des protections réglementaires sont également considérées comme des zones du littoral présentant un milieu récepteur sensible. Ces protections réglementaires sont multiples. La liste suivante n'est pas exhaustive :

- ↳ **Les sites NATURA 2000.** La directive NATURA 2000 concerne les habitats naturels d'intérêt communautaire. Les objectifs sont la protection de la biodiversité dans l'Union Européenne, le maintien, le rétablissement ou la conservation des habitats naturels.
- ↳ **Les sites soumis aux arrêtés biotopes.** L'arrêté fixe les mesures qui doivent permettre la conservation des biotopes. La réglementation édictée vise le milieu lui-même et non les espèces qui y vivent (maintien du couvert végétal, du niveau d'eau, interdiction de dépôts d'ordures, de constructions, d'extractions de matériaux,...).
- ↳ **Les zones RAMSAR.** Zone Humide d'Importance Internationale découlant de la Convention RAMSAR. La convention Ramsar s'applique aux zones humides, c'est-à-dire les étendues de marais, de fagnes, de tourbières, d'eaux naturelles ou artificielles, permanentes ou temporaires, où l'eau est stagnante ou courante, douce, saumâtre ou salée, y compris des étendues d'eau marine dont la profondeur à marée basse n'excède pas six mètres.
- ↳ **Les Zones Importantes pour la Conservation des Oiseaux (ZICO).** La Directive du Conseil des Communautés européennes concernant la conservation des oiseaux sauvages a pour objectifs la protection d'habitats permettant d'assurer la survie et la reproduction des oiseaux sauvages rares ou menacés ; ainsi que la protection des aires de reproduction, de mue, d'hivernage et des zones de relais de migration pour l'ensemble des espèces migratrices.

**Au final, la surface des zones littorales considérées comme des zones présentant un milieu récepteur sensible est assez importante. Ainsi, pour information, sur les 10 chantiers ayant fait l'objet de l'opération d'étude test, 9 rejettent leurs effluents dans des zones présentant un milieu récepteur sensible au titre de ces zonages.**



### **2.3 Proposition de valeurs guides**

Face à la difficulté de disposer de valeurs précises de limite de rejet pour l'ensemble des petits chantiers de carénage, il était nécessaire de définir et de proposer des valeurs guides de rejet.

Il était par ailleurs nécessaire de faire coïncider deux aspects distincts et contradictoires du problème, à savoir :

#### **Un aspect politique pour l'AELB :**




Avec pour objectif de :

1. Répondre aux attentes de l'Union Européenne en ce qui concerne l'éradication des substances prioritaires dangereuses (présentes dans les eaux de carénage (cf. 3.4) mais en faible quantité),
2. Justifier l'aide financière apportée par l'agence de l'eau,

#### **Un aspect économique :**

Soumettre les petites structures de carénage à des valeurs de rejet plus contraignantes que les grosses structures (type ports de plaisance), soumises aux dispositions de l'arrêté du 2 février 1998 par exemple, semble inconcevable.

Les valeurs guides choisies pour cette étude sont donc issue d'un compromis entre ces deux approches. **Il convient néanmoins de bien faire valider par les services en charge de la police de l'eau (Service au sein des DDTM) les valeurs de rejets attendus après travaux.**

-  **Concernant les valeurs guides relatives aux paramètres physico-chimiques classiques et aux métaux, l'arrêté du 2 février 1998 servira de référence.**
  -  **Concernant les micropolluants organiques (type solvants organiques et pesticides), la valeur de référence sera celle indiquée pour les pesticides totaux dans les SAGE pour des eaux destinées à la potabilisation ; soit une valeur guide de rejet de 2,5 µg/l.**
  -  **Localement, des valeurs normatives plus exigeantes peuvent être exigées sur certains paramètres par les services de police de l'eau.**

Ces valeurs guides représentent le point de départ fondamental de toute cette étude. Un tableau présentant l'intégralité des valeurs guides est présenté en annexe 3 de ce document.

### 3 Analyse des sites audités

#### 3.1 Présentation des chantiers de l'étude test

Les dix chantiers volontaires pour la réalisation de l'opération test sont dispersés sur les côtes bretonnes. La taille des chantiers, en termes de bateaux carénés annuellement, varie entre 50 et 400 bateaux selon le chantier. (cf. tableau 1). Les chantiers ont la volonté d'accroître leur activité dans la mesure du possible, ce qui est représenté par la dernière colonne du tableau.

Désignation du chantier	Nombre de bateaux carénés/an (situation actuelle)	Nombre de bateaux carénés/an (situation future)
A	42	100
B	50	80
C	80	200
D	140	300
E	150	250
F	200	300
G	250	300 à 350
H	100	150
I	400	500
J	350	400














**Tableau 1 : Localisation et capacité des chantiers test**

#### 3.2 Description des activités des chantiers et de la pollution engendrée

En plus du carénage, les chantiers pratiquent en général d'autres activités qui sont génératrices d'eaux souillées. Si les chantiers de carénage réalisent sur le fond les mêmes activités, la mise en œuvre de ces techniques varie d'un chantier à un autre.

Un point clé de l'analyse du site consiste donc à répertorier les activités génératrices de pollution réalisées sur chaque chantier et à déterminer les flux de pollution engendrés selon les activités.

Ces activités génératrices de pollution qui ont été recensées au cours des audits sur les chantiers de carénage sont présentées dans le tableau 2.

Activité génératrice de pollution	Descriptif technique	Pollution générée
Grattage des coques	Lorsque la couche de fouling (coquillages et algues accrochés sous la coque) est assez importante, certains chantiers de carénage réalisent une opération physique de grattage sans eau en amont afin de réduire la durée du carénage par la suite.	 <b>Macrodéchets à éliminer en tant que déchets dangereux.</b>
Carénage	Utilisation d'un laveur haute-pression, équipé d'une rotobuse ou non, à l'eau froide ou à l'eau chaude (caractéristiques techniques variables selon les chantiers audités). Le fouling et la peinture antifouling sont décollés à l'aide de cette technique.	 <b>MES<sup>(1)</sup></b>  <b>Métaux</b>  <b>Micropolluants organiques</b>  <b>Macrodéchets</b>
Dessalage des ponts	Selon le chantier, les ponts de bateaux sont lavés avant ou après le carénage afin d'enlever les traces de sel et de salissures. Un lavage à haute pression à l'eau froide est mis en œuvre pour cette opération. Des détergents sont parfois employés.	 <b>Détergents</b>  <b>MES</b>
Dessalage des moteurs hors bord	Utilisation d'une cuve d'eau dédiée à cette opération. Les moteurs sont plongés dans cette cuve et mis en marche pendant plusieurs heures. Certains chantiers ajoutent des détergents à l'eau de la cuve afin de solubiliser les hydrocarbures et d'augmenter le temps d'utilisation du bain avant vidange.	 <b>Hydrocarbures</b>  <b>Détergents</b>
Dessalage des moteurs in-board	Rinçage du circuit de refroidissement d'eau de mer en circuit ouvert (contrairement au dessalage des moteurs hors bord, l'eau n'est pas recyclée). Une fois le circuit de refroidissement rincé, un produit antigel est introduit dans ce circuit avant l'hivernage du bateau. Selon les chantiers, ce produit sera soit rejeté directement à la mer soit déversé sur le sol du chantier après l'hivernage.	 <b>Hydrocarbures</b>  <b>Antigel</b>
Lavage des bateaux après hivernage.	Utilisation d'un laveur haute pression pour dépolir les bateaux après la période d'hivernage. Certains chantiers utilisent des détergents lors de cette opération.	 <b>Détergents</b>  <b>MES</b>

Source :  
Antifouling

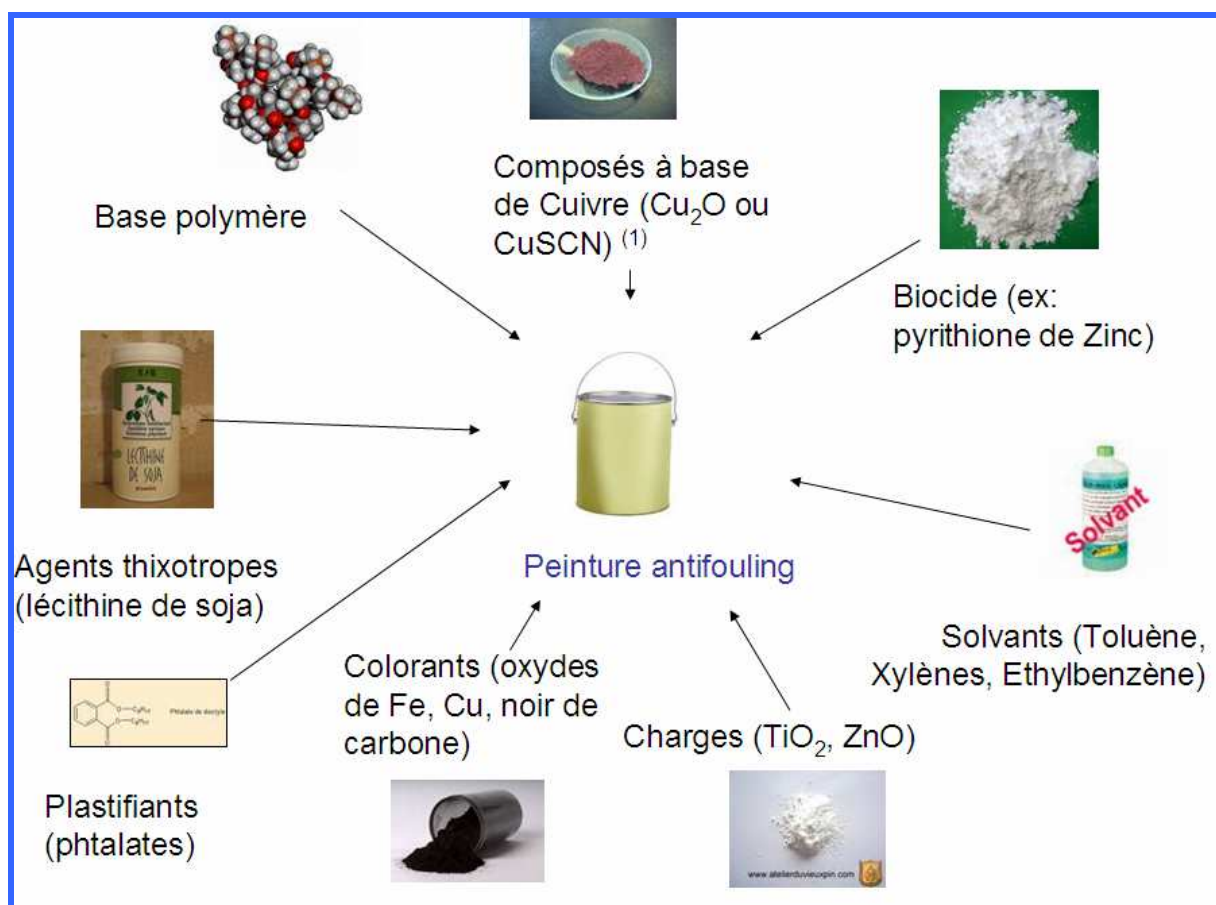
**Tableau 2 : Descriptif des activités génératrices de pollution recensées sur les chantiers de carénage audités.**

⇒ [Remarque sur la composition chimique des peintures antifouling :](#)

A l'heure actuelle, trois grandes familles de peintures antifouling dominent le marché de la plaisance : les peintures à matrice dure, les peintures à matrice mixte et les peintures érodables.

<sup>(1)</sup> MES : Matières en suspension

La composition chimique des ces peintures antifouling est représentée ci-après :



(1) : Le cuivre présente des propriétés antifongiques importantes

**Figure 1 : composition chimique des peintures antifouling**

Les peintures érodables et mixte contiennent par ailleurs de la colophane ce qui leur confère leur propriété d'érodabilité.

#### ⇒ Analyse des campagnes de mesures réalisées sur des chantiers de carénage

Une campagne de mesure des rejets des effluents aqueux de chantiers de carénage a été réalisée ces trois dernières années pour le compte de l'agence de l'eau. La présente étude n'a pas fait l'objet de prélèvement ni d'analyses. **Les effluents de carénage** (hors dessalage et lavage avant la remise à l'eau) de quatre chantiers situés en Bretagne ont ainsi été analysés. Ces analyses ont portées sur les paramètres physico-chimiques classiques, les métaux ainsi que les substances prioritaires définies par la commission européenne. Les résultats ont permis de mettre en évidence les pollutions suivantes :

- ↗ MES
- ↗ Métaux (principalement Cu, Zn, Fe et Al)
- ↗ Substances prioritaires (essentiellement BTEX et phtalates) à l'état de traces

Ces analyses permettent donc d'établir un lien direct entre la pollution des eaux de carénage et les peintures antifouling. Il est à noter que certaines substances prioritaires détectées dans les effluents de carénage ne sont pas directement présentes dans la formulation de l'antifouling : elles sont générées suites à des recombinaisons ou des cassages de molécules chimiques probablement lors du cassage du film de peinture durant le carénage.

#### ⇒ Mécanismes d'érodabilité des peintures antifouling

La peinture antifouling et les substances actives qui la composent sont donc encore présentes sur la carène lors de l'opération de carénage du bateau d'après les analyses d'eau réalisées sur les chantiers de carénage. La diffusion des substances actives des peintures antifouling ne se fait effectivement pas totalement lorsque le bateau est à l'eau. Le fouling de la carène apparaît plus ou moins tardivement malgré la présence de substances actives dans le film de peintures.

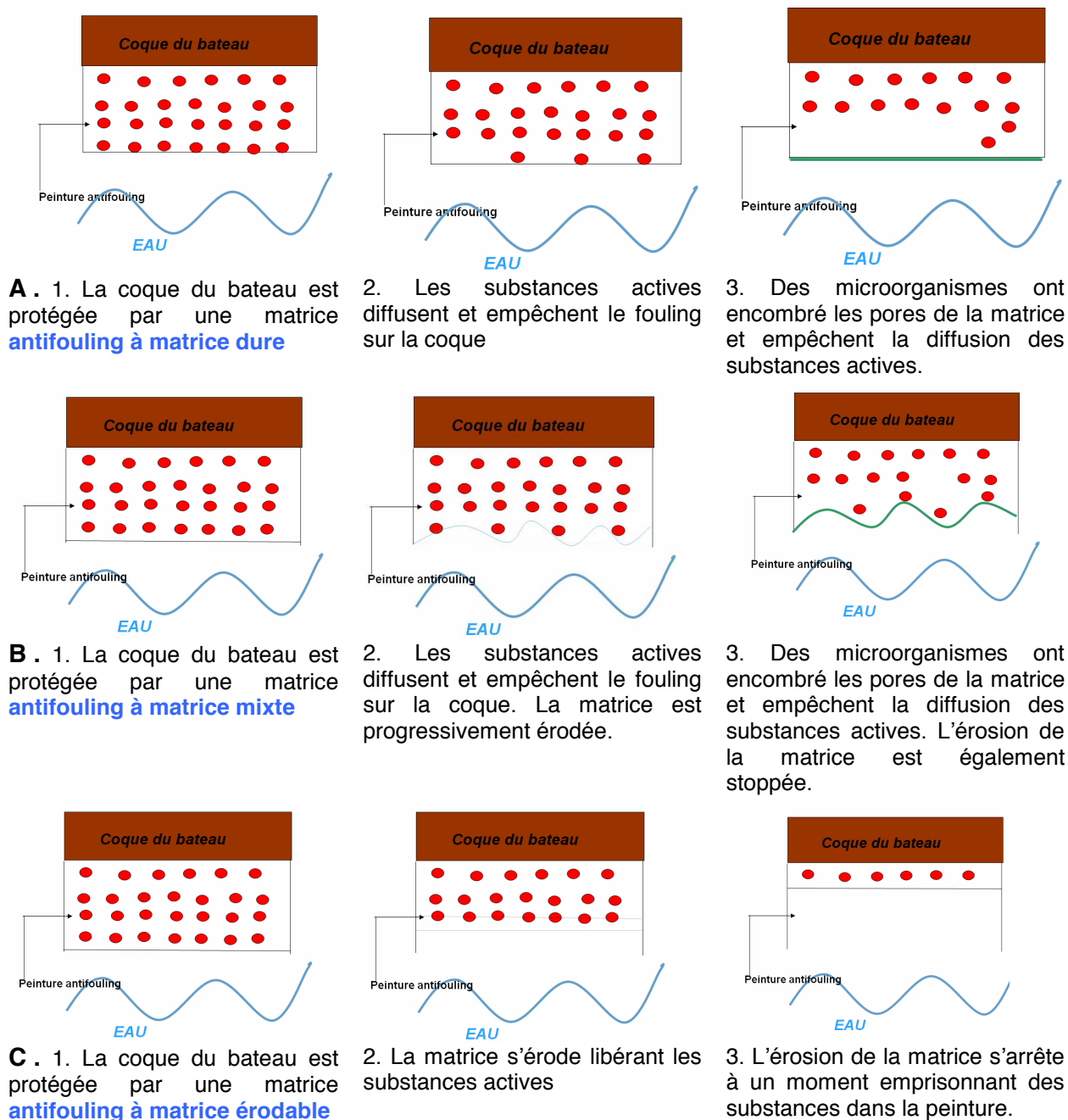


Figure 2 : Mécanisme de libération des substances actives selon le type de matrice considérée

### **3.3 Bilans aqueux**

Afin de quantifier la pollution susceptible d'être dispersée dans le milieu naturel lors du carénage et d'évaluer la dimension de l'ouvrage de traitement à mettre en place, la réalisation de bilans aqueux sur les chantiers s'avère nécessaire.

La réalisation de ces bilans-eau constitue le deuxième point clé de l'analyse du site. Par choix, il n'a pas été réalisé de bilan sur les matières solides. Le programme « Vague Bleue » propose depuis plusieurs années un financement à la collecte et au traitement des déchets solides dangereux pour l'eau via des opérateurs conventionnés.

Cette étape permet de déterminer les deux paramètres essentiels pour caractériser le chantier :

- ↳ **La consommation d'eau pour chaque m<sup>2</sup> caréné (l/m<sup>2</sup>)**: cette valeur permet d'évaluer les bonnes pratiques de consommation d'eau du chantier en ce qui concerne l'opération de carénage. Une étude de différentes campagnes de mesures menées dans l'ouest et dans le sud de la France a permis de mettre en évidence qu'une consommation correcte d'eau se situe entre 10 et 30 l/m<sup>2</sup> caréné.
- ↳ **Le rejet maximal à prévoir dans l'ouvrage (m<sup>3</sup>/j)** : cette valeur est fondamentale pour le dimensionnement de l'ouvrage et la quantification de la pollution à traiter.

**L'annexe 4 présente la répartition des rejets en eau des chantiers de carénage audités et permet de regrouper les chantiers en 3 catégories distinctes :**

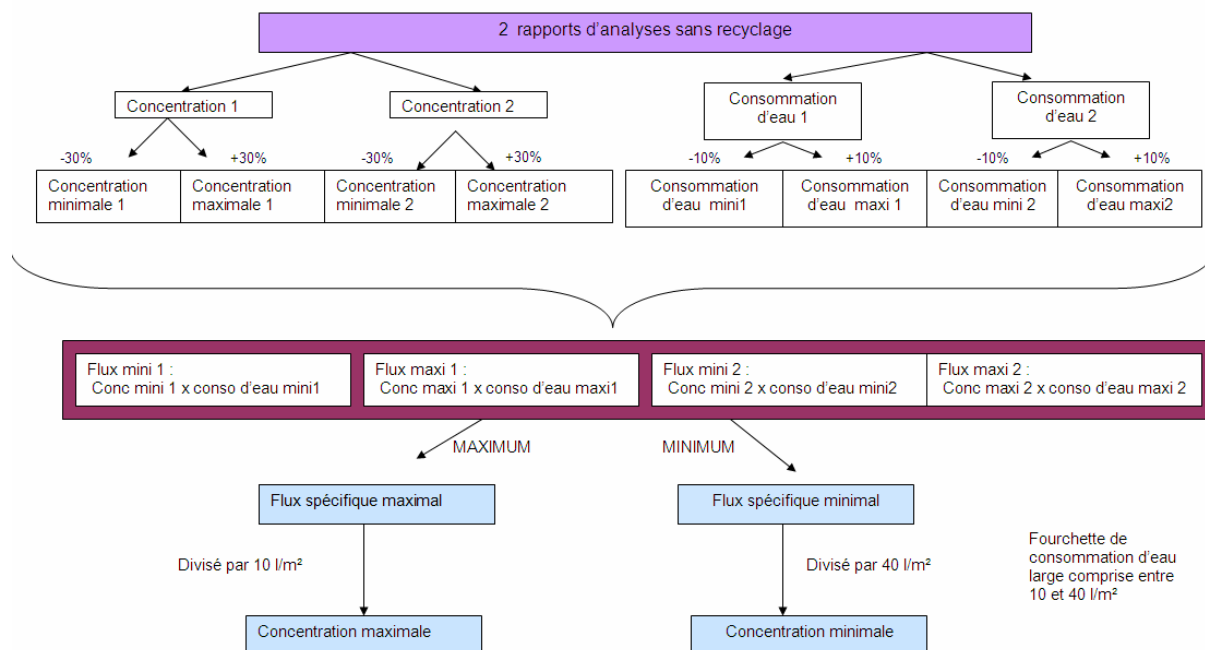
- Groupe 1 : faible rejet en zone non sensible (1 chantier)
- Groupe 2 : faible rejet en zone sensible (3 chantiers)
- Groupe 3 : rejet important en zone sensible (6 chantiers)

### **3.4 Détermination des flux spécifiques de pollution**

La détermination des flux bruts spécifiques de pollution est indispensable pour quantifier les polluants présents dans les effluents considérés et pour déterminer l'impact du traitement sur le milieu naturel. L'étude en elle-même ne comprenait pas de campagne de mesure spécifique à chaque chantier.

Afin d'approcher au mieux les flux bruts de pollution spécifiques de chaque chantier, les rapports des campagnes de mesures réalisées ces trois dernières années pour le compte de l'agence de l'eau ont été extrapolés. Il est à noter que seulement deux des quatre rapports étaient exploitables. Deux rapports n'étaient pas utilisables pour déterminer une fourchette de flux spécifiques de pollution car les analyses ont été menées sur des chantiers équipés de systèmes de traitement qui recyclaient l'eau traitée. De ce fait, une accumulation des polluants en entrée et en sortie des systèmes de traitement, notamment des substances prioritaires, était observée sur les résultats d'analyses.

Les données des deux rapports restants ont été utilisées afin de déterminer une fourchette de flux bruts de pollution caractéristique des effluents de carénage selon la méthodologie suivante :



**Figure 3 : Méthodologie pour déterminer la fourchette de flux spécifiques de pollutions des effluents de carénage.**

L'annexe 5 présente le résultat de cette extrapolation.

⇒ [Application à chaque chantier](#)

Cette fourchette est utilisée pour déterminer les flux journaliers de pollution minimal et maximal de chaque chantier. Le Tableau 3 ci-après présente la méthode de calcul de ces flux.

Flux spécifique mini m (mg/m²)	Flux spécifique maxi M (mg/m²)	Concentration mini c (mg/l)	Concentration maxi C (mg/l)	Flux journalier mini f (g/j)	Flux journalier maxi F (g/j)
m	M	$c = m / \text{conso d'eau/m}^2 \text{ caréné du chantier}$	$C = M / \text{conso d'eau /m}^2 \text{ caréné du chantier}$	$f = c \times \text{rejet mini journalier du chantier}$	$F = C \times \text{rejet maxi journalier du chantier}$

**Tableau 3 : Application de la fourchette de flux déterminée à chaque chantier.**

⇒ Limites d'extrapolation à la problématique

Les flux journaliers calculés pour chaque chantier mettent en avant uniquement la pollution engendrée par les effluents de carénage. Or, comme cela a été établi au paragraphe 3.2, d'autres activités pratiquées par les chantiers de carénage sont génératrices de pollution. Aucune donnée de quantification (notamment en ce qui concerne les hydrocarbures et les produits lessiviels) n'est fournie par les campagnes de mesures. La filière de traitement à établir devra toutefois prendre en compte ces informations.

Par ailleurs, il est à noter que les analyses des effluents de carénage faites lors des campagnes de mesures ont été réalisées en minéralisant les effluents de carénage. De ce fait, il est impossible de déterminer la part du dissous et la part du particulaire dans les effluents, notamment en ce qui concerne les polluants métalliques et les substances prioritaires. Toutefois, le retour d'expériences et des essais de décantation 2 heures menés sur des effluents de carénage ont montré qu'une grande partie de la pollution métallique est sous forme particulaire.



## 4 Proposition d'actions : Etude technico-économique

### 4.1 Création d'une aire de carénage

#### ⇒ Enjeux :

Actuellement, la plupart des opérations de carénage sont réalisées à même le sol. Les eaux de carénage contaminent donc directement le milieu naturel (sol, milieu aquatique superficiel et souterrain...) Dans le cas de notre étude test, seulement 2 chantiers sur les 10 audités étaient équipés d'une aire de carénage avec un dispositif de collecte des eaux et un seul disposait d'un système de traitement rudimentaire (fosse de décantation).

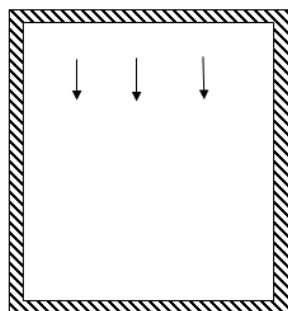
La mise en place d'une aire de carénage étanche et solide est un enjeu essentiel dans la problématique de traitement des eaux afin :

- ✦ **De collecter les effluents à traiter en un point unique et les diriger vers le système de traitement adapté**
- ✦ **D'éviter une pollution directe des sols et des milieux naturels environnants par les eaux souillées du chantier**

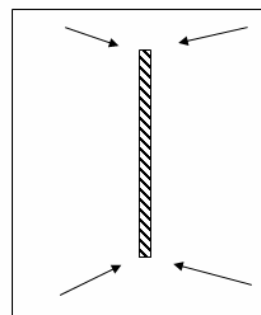
#### ⇒ Aspect technique :

- ✦ **Le positionnement** de l'aire de carénage doit être envisagé au cours de l'audit. L'emplacement de la structure doit être choisi de façon à ce que l'aire de carénage soit sécurisée, pérenne et en adéquation avec l'organisation de travail du chantier.
- ✦ **La taille** de la dalle de carénage est calculée selon les besoins du chantier. La majorité des chantiers carènent les bateaux un par un ; le dimensionnement de la dalle de carénage est alors établi en prenant pour référence le plus grand bateau caréné sur le chantier. Toutefois, certains chantiers souhaitent une aire de dimension plus importante afin de caréner plusieurs bateaux simultanément. L'organisation propre de travail du chantier est donc un facteur à ne pas négliger.
- ✦ **L'épaisseur** de la dalle de béton à couler est à définir au cas par cas. Une étude géotechnique est à réaliser sur chaque chantier par le maître d'œuvre en génie civil afin de déterminer selon la nature du sol, l'épaisseur de béton nécessaire pour concevoir une aire résistante aux contraintes physiques liées à l'activité du chantier.
- ✦ **La configuration** de la dalle de carénage est à définir selon la topographie du chantier. Des configurations en pointe de diamant sont possibles tout comme des configurations avec des caniveaux en périphérie. Les pointes de diamant sont généralement préférées pour des raisons de coûts (moins de caniveaux) et pour des raisons de facilités d'entretien. Les caniveaux en périphéries sont sujets au passage d'engins de manutention avec des risques de détérioration. Des configurations mixtes peuvent aussi être envisagées selon les cas.

Ces deux principes sont illustrés sur des schémas à la page suivante.



*Aire avec caniveaux en périphérie*



*Aire en « pointe de diamant »*

**Figure 4 : Présentation des deux configurations d'aires de carénage proposées**

⇒ Aspect économique :

Différents bureaux d'études spécialisés en aménagement et en génie civil ont été contactés afin d'approcher le coût de mise en œuvre d'une aire de carénage. Les coûts suivants ont ainsi été approchés :

- ✚ ~ **350 €HT/m<sup>2</sup>** pour une dalle de carénage de 30 cm d'épaisseur environ (intégralité des travaux comprise)
- ✚ ~ **30 €HT/ ml** de caniveaux

## **4.2 Solutions de traitement des eaux issues des activités du chantier**

Après la collecte des effluents souillés réalisée via le réseau de caniveaux de l'aire de carénage, il est nécessaire de traiter l'eau avant de la rejeter au milieu naturel ou dans le réseau EP<sup>(1)</sup> si le chantier est dans une zone d'activités équipée.

Les modes de traitement envisagés au cours de cette étude vont dépendre de la taille des chantiers et de la sensibilité du milieu récepteur des effluents. Il est également nécessaire de prendre en compte l'impact de l'eau pluviale tombant sur l'aire de carénage lors du dimensionnement des systèmes de traitement. Pour cette étude, l'intégralité des ouvrages a été dimensionnée en **situation décennale** à partir des données météorologiques fournies par Météo France.

Lors de la mise en place des installations de traitement, il est important d'installer les dispositifs de mesures idoines en entrée et sortie : mesures de débit, préleveurs, ... Ces dispositifs doivent être adaptés aux installations.

<sup>(1)</sup> : EP = Eaux pluviales

#### 4.2.1 Enlèvement en tant que déchet dangereux

Le principe consiste à stocker les eaux usées et à les faire enlever en tant que déchets dangereux.

⇒ Aspect technique :

En aucun cas la solution de traitement mise en place doit être un frein à l'activité du chantier. Aussi, une autonomie d'au moins une semaine en période de pointe est un préalable à l'acceptabilité de cette solution. De plus, les chantiers de carénage étudiés sont des Très Petites Entreprises qui disposent d'un foncier limité. Il n'était donc pas envisageable d'installer une cuve de stockage d'un volume supérieur à 10 m<sup>3</sup>. Par conséquent, cette solution de traitement n'est envisageable que pour les chantiers générant une quantité limitée d'effluents souillés.

Par ailleurs, les effluents souillés, stockés et destinés à être enlevés comme déchets dangereux, ne doivent pas être mélangés avec les eaux pluviales qui ruisselleraient sur l'aire de carénage afin de ne pas accroître la quantité d'effluents à traiter et de ne pas réduire le temps d'autonomie du chantier. De ce fait, un système by-pass, à défaut d'une aire de carénage couverte, serait à mettre en place sur le réseau de collecte. Une formation du personnel à l'utilisation de cet équipement ainsi qu'une sensibilisation à l'impact environnemental des eaux usées de carénage sur le milieu naturel est alors conseillé. L'objectif de cette démarche est de limiter les risques de déversements accidentels dans le milieu récepteur suite à une erreur de manipulation du système by-pass.

⇒ Aspect environnemental :

Des précautions sont à prendre quant au devenir de ces eaux souillées dans les centres de traitement. Dans la mesure où la pollution est diluée, il ne s'agit pas de la diluer de nouveau avec d'autres effluents pour obtenir des concentrations suffisamment faibles compatibles avec un rejet direct dans le milieu naturel. Par ailleurs, l'impact environnemental global doit être approché car le transport est générateur de polluants atmosphériques.

⇒ Aspect économique:

Les coûts d'investissement sont relativement limités pour cette solution :

Cuve de stockage de 10 m <sup>3</sup> :	6 000 €HT
+ coût du by-pass	

En revanche les coûts d'exploitation sont de l'ordre de 300 €HT/m<sup>3</sup> pompé.

**L'annexe 9 présente les coûts d'exploitation calculés pour les 10 chantiers tests.**

## 4.2.2 Traitement mobile

Le principe consiste à stocker les eaux usées, à les faire traiter par une filière mobile et à les rejeter directement dans le milieu naturel.

### ⇒ Aspect technique :

Pour les mêmes raisons que pour la solution évoquée précédemment, une cuve de 10 m<sup>3</sup> au maximum serait à installer sur le chantier. La collecte des eaux pluviales n'est donc pas souhaitable pour cette solution et un système de by-pass serait à nouveau à installer.

Par ailleurs, un système de prétraitement type débourbeur/décanteur lamellaire/déshuileur serait à installer en amont de la cuve de stockage. Ce système permettrait d'éviter la collecte de boues au fond de la cuve de stockage, ce qui réduirait la capacité de stockage de la cuve et perturberait le cas échéant le traitement mobile.

### ⇒ Aspect économique:

Les coûts estimés d'investissement pour cette filière sont les suivants :

<b>Cuve de stockage de 10 m<sup>3</sup></b>	<b>~ 6 000 € HT</b>
<b>Débourbeur/Décanteur/Déshuileur</b>	<b>~ 30 000 € HT (sur les chantiers audités pour lesquels cette filière est jugée techniquement acceptable)</b>
<b>+ coût du système by-pass</b>	

Etant donné que cette technique de traitement est actuellement inexistante sur le marché, il est difficile d'approcher les coûts d'exploitation pour les chantiers liés à la mise en service de la filière mobile envisagée.

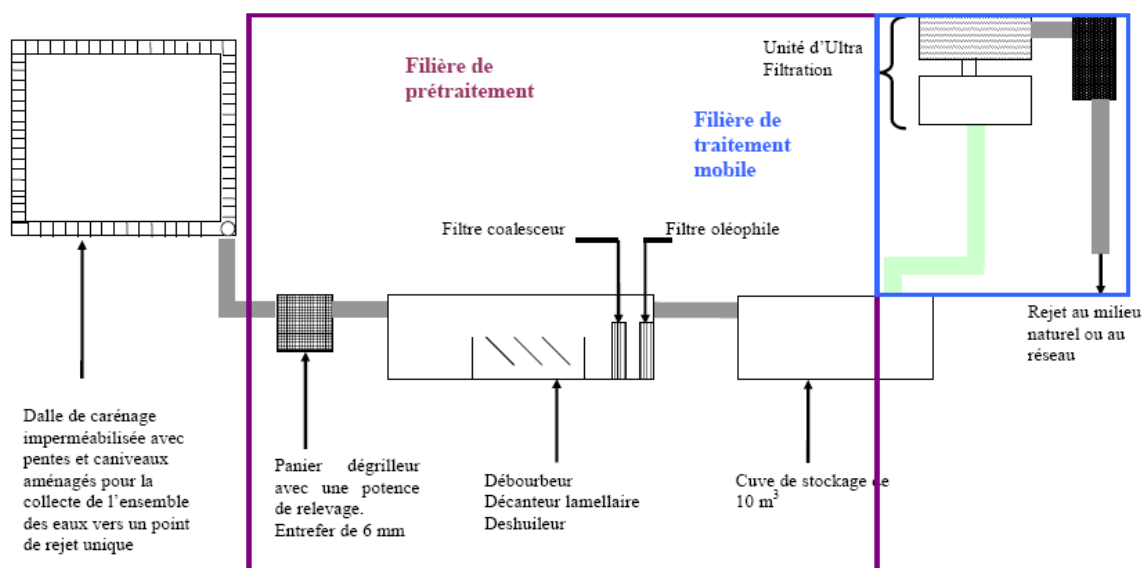


Figure 5 : Présentation de la filière de traitement mobile envisagée

Une présentation plus précise des équipements de traitement constitutifs de l'unité mobile est détaillée au paragraphe 4.2.3

#### **4.2.3 Traitement In-Situ : filière exhaustive**

Le principe consiste à traiter sur site les effluents dans une filière de traitement installée de façon permanente sur le chantier.

⇒ **Examen des filières en place avec analyses par tierce partie :**

Les campagnes de mesures réalisées préalablement à cette étude par l'Agence de l'Eau Loire Bretagne sur des chantiers de carénage équipés de systèmes de traitement ont permis d'évaluer l'efficacité des traitements en place. Trois filières différentes ont ainsi pu être comparées :

- 1)** Un décanteur lamellaire avec une pompe de relevage équipée d'un tamis en amont
- 2)** Un puits de décantation, un déshuileur puis un traitement sur zéolithe
- 3)** Des puits de décantation, un déshuileur, un système d'électrocoagulation et une ultrafiltration sur membrane céramique.

Les rendements épuratoires de chacune de ces filières sont présentés à l'**annexe 8** et ont été déterminés pour les paramètres classiques de pollution ainsi que pour la pollution métallique. Pour la pollution par les micropolluants organiques, seule leur présence en aval de la filière a été analysée.

Ces analyses ont permis de mettre en évidence que la filière utilisant le procédé d'ultrafiltration permettait de retenir la pollution métallique de manière satisfaisante. Les autres systèmes de traitement précédemment cités ne sont pas suffisamment efficaces au regard des analyses réalisées (dépassement des valeurs guides en sortie du système lorsque l'on applique la fourchette haute des flux spécifiques de pollution déterminés au paragraphe 3.4 au rendement épuratoire des ouvrages).

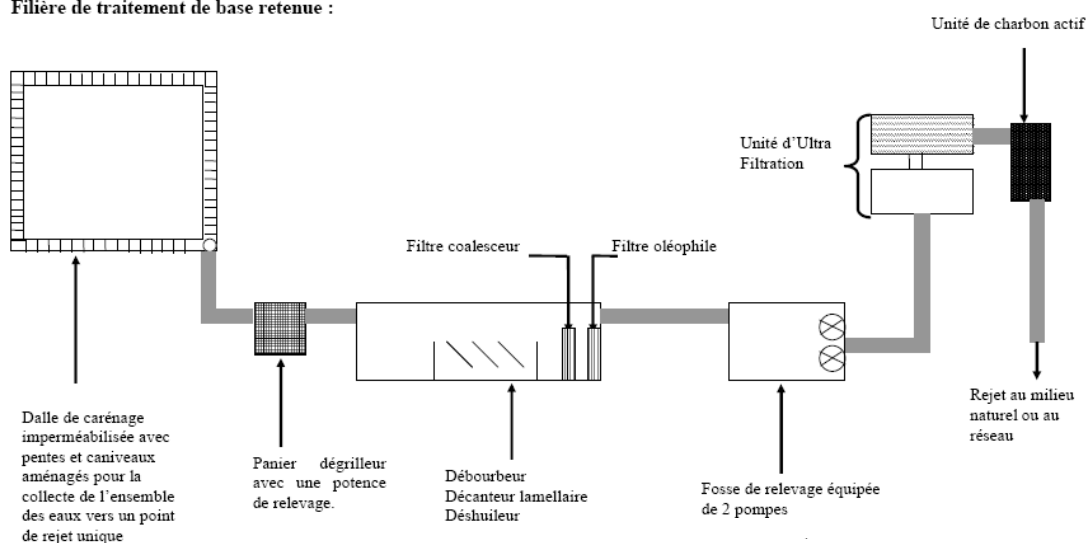
Toutes ces filières ne sont pas performantes au regard de la pollution par les micropolluants organiques.

⇒ Proposition d'une filière exhaustive:

Notons que la présente étude ne concernait pas de test sur pilote de filières de traitement.

En plus d'un système « classique » de débourbeur/décanteur/déshuileur, une unité d'ultrafiltration est installée. Par retour d'expériences, cette filière est efficace sur la pollution métallique des chantiers de carénage dont une bonne partie est particulaire (adsorbée sur les MES). Un filtre à charbon actif est ajouté pour éliminer les micropolluants organiques en fin de traitement.

**Filière de traitement de base retenue :**



**Figure 6 : Présentation de la filière de traitement in situ exhaustive proposée**

Ouvrage de la filière	Fonctionnement
1 – Panier dégrilleur	<i>Fonctionnement gravitaire</i> Récupération des macrodéchets.
2 – Débourbeur – décanteur – déshuileur/filtre coalesceur	<i>Fonctionnement gravitaire</i> Récupération des boues de carénage avec abattement des matières en suspension ainsi que des hydrocarbures (provenant des opérations de dessalage des moteurs pour la majorité). La partie décanteur lamellaire permet d'installer un ouvrage longitudinalement et le principe lamellaire permet d'améliorer les performances de la décantation. La partie déshuileur / filtre coalesceur permet de récupérer les hydrocarbures et les huiles.
3 – Module d'ultrafiltration	<i>Fonctionnement non gravitaire avec pompe de relevage (1 en service et 1 de secours).</i> Ce module est constitué d'un ensemble de membranes céramiques permettant de retenir les matières en suspension résiduelles de l'ouvrage de décantation amont, la pollution bactériologique ainsi que les métaux.
4 – Unité de charbon actif	Module en aval du module d'ultrafiltration permettant le traitement des polluants organiques prioritaires et dangereux à l'état de traces.

**Tableau 4 : Principes de fonctionnement de la filière de traitement des eaux**

⇒ [Aspect économique](#)

Les coûts d'investissement pour la filière exhaustive sont les suivants :

Ouvrage de la filière	Coût investissement (k€HT)
Panier dégrilleur avec potence et regard	3
Débourbeur / décanteur / déshuileur (DSH)	Entre 25 k€ et 45 k€ pour les chantiers audités Cette valeur dépend essentiellement de la taille de l'aire de carénage puisque ce sont les eaux de ruissellement qui influencent majoritairement le dimensionnement de l'ouvrage.
Module d'ultrafiltration	30
Filtre charbon actif (CA)	3
Montage et instrumentation, raccords	15

Les coûts d'exploitation (entretien du DSH, entretien des membranes, changement du CA) sont estimés entre 4 et 15 k€HT hors coûts d'électricité.

⇒ Aspect recyclage

La tendance actuelle est d'orienter les entreprises vers un rejet zéro avec un recyclage des eaux traitées. L'exploitation des 2 rapports de mesures fournis par l'AELB concernant les chantiers de carénage possédant un système de recyclage ont montré le développement de bactéries et la concentration en micropolluants organiques. L'utilisation de l'eau recyclée se fait dans un laveur haute-pression avec génération d'aérosols « contaminés » par des substances prioritaires et biologiques dont certaines sont CMR <sup>(1)</sup>. Les opérateurs peuvent alors les inhaler avec un risque chimique et biologique pour leur santé. Les filières alors en place ne comprenaient pas de charbon actif.

La filière proposée en contient. Ne connaissant pas les temps de percée du charbon actif, un entretien préventif avec changement du filtre de charbon actif une fois par mois en période de forte activité est préconisé. Dans ces conditions, le recyclage n'est pas à exclure.

#### **4.2.4 Bilan**

Un bilan de l'étude technico-économique réalisée pour chaque chantier audité est présenté en **annexe 9**.

<sup>(1)</sup> : CMR : Cancérigène, Mutagène, Toxique pour la reproduction



## 5 Méthodologie d'audit

Le tableau suivant reprend l'ensemble des éléments à rassembler pour réaliser l'audit préalable à la demande de subvention pour l'achat de l'équipement de traitement des effluents de carénage.

**Localisation du chantier naval** sur carte IGN / photo aérienne / plan du site situation actuelle et future avec repérage de l'aire de carénage, et des points de rejet, des réseaux d'EU, EP, photos

**Renseignements généraux** (nom, chantier, adresse, responsable, coordonnées, personnes rencontrées, effectifs, date création, surface chantiers)

**Descriptif technique du chantier** : activités, productions, organisation du chantier, organisation du carénage, dimensions des bateaux (L, l, m<sup>2</sup> carénés, type de bateaux, nb bateaux traités par an / par jour), projets sur le chantier, augmentations prévues repérage points de rejets, ouverture aux particuliers

**Situation réglementaire** (ICPE, loi sur l'eau) / Référentiel réglementaire / Objectifs de qualité à atteindre pour les eaux épurées. **Il est important dans le cadre de l'étude de solliciter l'avis du service police de l'eau de la DDTM avant tout travaux et de procéder à une déclaration d'existence si cela est nécessaire (cf. Annexe 6)**

**Milieu naturel** : Description et sensibilité du milieu récepteur

**Bilan des consommations et des rejets en eau** : origine de l'eau consommée, consommation annuelle et de pointe m<sup>3</sup>/an, m<sup>3</sup>/jour, m<sup>3</sup>/h, recensement des activités consommatrices d'eau, recensement des activités rejetant des eaux souillées, caractéristique des équipements de carénage, bilan eau, ration m<sup>3</sup> d'eau / m<sup>2</sup> caréné, estimation flux bruts maximaux de pollution engendrés, mode de collecte des effluents EU, EP (réseaux séparatifs de collecte), description des ouvrages épuratoires actuels, destination finale des effluents (EU, EP, station d'épuration), estimation des flux nets de pollution des ouvrages en place, existence points de mesure pour bilan des performances.

**Bilan des déchets dangereux** : propriétaire Vague Bleue, inventaire qualitatif et quantitatif des déchets, mode de stockage, collecteurs, filières d'élimination

**Etat de la prévention des pollutions accidentelles et des stockages** : recensement des produits à risque, type de matrice, substances prioritaires, conditions de stockage, rétentions, modes de récupération en cas d'accident

**Inventaire des principaux problèmes actuels et décalages par rapport aux contraintes réglementaires ou aux meilleures techniques disponibles**

**Préconisations mesures correctives organisationnelles** (stockage produits à risques, déchets, eau)

**Préconisations mesures correctives techniques** stockage produits à risques, déchets, réduction à la source, traitement des eaux : dimensionnement et position aire de carénage, solutions techniques de traitement envisagées – schéma de principe, coûts d'investissement, coûts d'exploitation, gains en terme de sécurité de flux polluants nets et épurés.

**Bilan de pollution final après aménagement** :

Niveau d'activité de référence après l'opération, Flux brut et flux net (si possibilité d'estimation) après épuration pour la ou les solutions, volume et nature des déchets engendrés, nouvel impact sur le milieu récepteur. **Il est important également d'intégrer en amont des travaux l'implantation des dispositifs de mesures appropriés en entrée et sortie (Débitmètre, préleveur,...).**

**Conclusion**

**Fiche de synthèse**

## 6 Conclusion

L'étude menée par SOCOTEC INDUSTRIES en préalable au lancement de l'opération collective « aires de carénage propres » par l'agence de l'eau a permis, au-delà de la caractérisation des flux de pollution et de la définition d'une filière de traitement, de mettre au point un protocole d'audit.

**Ce protocole d'audit sera à respecter par le bureau d'études indépendant de tout fournisseur de matériels d'équipements.**

Cet audit sera un préalable pour que le propriétaire du chantier de carénage puisse faire une demande d'aide à l'investissement auprès des partenaires financiers dont l'Agence de l'Eau Loire Bretagne. La présentation des devis d'équipements auprès des partenaires financiers et le déblocage des fonds pour les travaux interviendront dans un second temps.

Cette étude a également permis d'établir une grille de choix de traitement de l'eau souillée en fonction de la sensibilité du milieu récepteur et de la taille du chantier. Cette grille est présentée en **annexe 10**. Elle permettra aux bureaux d'études qui réaliseront les audits d'orienter plus aisément leur choix sur les solutions de traitement appropriées.

**Il est à noter que des variantes à ces solutions de traitement sont bien entendu acceptables dans la mesure où elles garantissent un respect des valeurs guides de rejets en sortie de filière.**



---

Délégation Ouest Atlantique à Nantes  
Agence de l'Eau Loire Bretagne  
1 r Eugène Varlin  
44100 NANTES



---

## ANNEXES



Synthèse réalisée  
par SOCOTEC INDUSTRIES  
Valérie SAPIN – Céline SEIGLE

# ANNEXES

ANNEXE 1 : BIBLIOGRAPHIE ET REGLEMENTATION .....	29
ANNEXE 2 : ARRETE DU 09/08/2006.....	31
ANNEXE 3 : VALEURS GUIDES PRECONISEES POUR REJET DES CHANTIERS DE CARENAGE..	34
ANNEXE 4 : COMPARAISON DES REJETS EN EAUX ISSUES DES ACTIVITES DES CHANTIERS DE CARENAGE (SITUATION ACTUELLE) .....	35
ANNEXE 5 : FOURCHETTE DE FLUX SPECIFIQUE DE POLLUTION .....	36
ANNEXE 6 : DECLARATION D'EXISTENCE.....	37
ANNEXE 7 : ESTIMATION DES COUTS D'ENLEVEMENT (COLLECTE ET TRAITEMENT) DES EFFLUENTS DE CARENAGE EN TANT QUE DECHET DANGEREUX .....	39
ANNEXE 8 : EVALUATION DE L'EFFICACITE DES SYSTEMES DE TRAITEMENT .....	40
ANNEXE 9 : SYNTHESE DES COUTS POUR LES 10 CHANTIERS .....	43
ANNEXE 10 : GRILLE DE SOLUTIONS DE TRAITEMENT EN FONCTION DE LA TAILLE DU CHANTIER ET DE LA SENSIBILITE DU MILIEU RECEPTEUR .....	44
ANNEXE 11 : PLACEMENT DES CHANTIERS AUDITES SUR LA GRILLE DE CHOIX .....	45

## Annexe 1 : Bibliographie et réglementation

### Textes réglementaires :

- ↗ **Règlements Sanitaires Départementaux** des Côtes d'Armor, du Finistère, de l'Ille et Vilaine et du Morbihan
- ↗ **Arrêté ministériel du 2 février 1998** relatif aux prélèvements et à la consommation d'eau ainsi qu'aux émissions de toute nature des ICPE soumises à autorisation
- ↗ **Loi sur l'eau et les milieux aquatiques du 30 décembre 2006**
  - **Arrêté du 02/08/01** fixant les prescriptions générales applicables aux rejets soumis à déclaration en application des articles 'L.214-1 à L.214-3' du code de l'environnement et relevant de la rubrique référence '2.2.2.0' de la nomenclature annexée au décret n°93-743 du 29 mars 1993 modifié.
  - **Arrêté du 23/02/01** fixant les prescriptions générales applicables aux rejets soumis à déclaration en application de l'article 10 de la loi n°92-3 du 3 janvier 1992 sur l'eau et relevant de la rubrique 3.4.0 (2°a, II-2° b, II, et 3°b) de la nomenclature annexée au décret n°93-743 du 29 mars 1993 modifié
  - **Arrêté du 23/02/01** fixant les prescriptions générales applicables aux rejets soumis à déclaration en application de l'article 10 de la loi n°92-3 du 3 janvier 1992 sur l'eau et relevant de la rubrique 3.3.1(2°) de la nomenclature annexée au décret n°93-743 du 29 mars 1993 modifié
  - **Arrêté du 23/02/01** fixant les prescriptions générales applicables aux travaux de dragage et rejet y afférent soumis à déclaration en application 'des articles L.214-1 à L.214-3 du code de l'environnement ' et relevant de la rubrique '4.1.3.0 (2)[a,II], 2[b,II] et 3[b])' de la nomenclature annexée au décret n°93-743 du 29 mars 1993 modifié.
- ↗ **Le SDAGE (Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux).** Approuvé par le Préfet Coordonnateur de Bassin le 18 novembre 2009 pour la période 2010-2015, il est un des outils de mise en œuvre de la Directive Cadre sur l'Eau adopté en 2000 (2000/60/CE en date du 23 octobre 2000). Parmi, les 15 orientations fondamentales, la n°10 concerne spécifiquement la préservation du littoral notamment au regard de la disposition 10-B qui demande une limitation, voire suppression de certains rejets en mer.
- ↗ **Directive n° 79/923/CEE du 30 octobre 1979** relative à la qualité requise des eaux conchylicoles
- ↗ **Décret n° 81-324 du 07/04/81** fixant les normes d'hygiène et de sécurité applicables aux piscines et aux eaux de baignades aménagées
- ↗ **Décision du parlement européen et du conseil du 20 novembre 2001** établissant la liste des substances prioritaires dans le domaine de l'eau et modifiant la directive 2000/60/CE
- ↗ **Décret du 23 décembre 2003** relatif à la prévention du risque chimique et modifiant le code du travail
- ↗ **Arrêté préfectoral n°2008-1099 du 20 juin 2008** autorisant les travaux d'aménagement de l'aire de carénage du port de pêche de Loctudy
- ↗ **Arrêté préfectoral du n°2005-0939 du 23 août 2005** autorisant les travaux d'aménagement portuaire sur l'estuaire de l'Aber-Wrac'h sur la commune de LANDEDA
- ↗ **Arrêté du 09/08/06** relatif aux niveaux à prendre en compte lors d'une analyse de rejets marins, estuariens ou extraits de cours d'eau ou canaux relevant respectivement des rubriques 2.2.3.0, 4.1.3.0 et 3.2.1.0 de la nomenclature annexée au décret n°93-743 du 29 mars 1993

## Ouvrages :

- ↗ **DTU 60.11** : Règles de calcul des installations d'évacuation des eaux pluviales. Octobre 1988

## Site internet :

- ↗ Meilleures techniques disponibles sur les systèmes commun de traitement et de gestion des eaux et des gaz résiduels dans l'industrie chimique: <http://aida.ineris.fr/bref/index.htm>

## Annexe 2

### Arrêté du 09/08/06 relatif aux niveaux à prendre en compte lors d'une analyse de rejets dans les eaux de surface ou de sédiments marins, estuariens ou extraits de cours d'eau ou canaux relevant respectivement des rubriques 2.2.3.0, 4.1.3.0 et 3.2.1.0 de la nomenclature annexée au décret n°93-743 du 29 mars 1993

Texte modifié par : Arrêté du 23 décembre 2009 (JO n°12 du 15 janvier 2010)

**Le ministre des transports, de l'équipement, du tourisme et de la mer et la ministre de l'écologie et du développement durable,**

Vu les articles L. 210-1 et suivants du code de l'environnement ;

Vu le décret n° 93-742 modifié relatif aux procédures d'autorisation et de déclaration prévues aux articles L. 214-1 à L. 214-6 du code de l'environnement ;

Vu le décret n° 93-743 du 29 mars 1993 modifié relatif à la nomenclature des opérations soumises à autorisation ou déclaration prévue aux articles L. 214-1 à L. 214-6 du code de l'environnement ;

Vu l'arrêté du 12 novembre 1998 portant modalités d'agrément des laboratoires pour certains types d'analyses des eaux ou des sédiments ;

Vu l'avis de la mission interministérielle de l'eau en date du 24 mai 2006 ;

Vu l'avis du Comité national de l'eau en date du 13 juillet 2006,

#### Arrêtent :

#### Article 1<sup>er</sup>

Lorsque, pour apprécier l'incidence de l'opération sur le milieu aquatique (ou pour apprécier l'incidence sur le milieu aquatique d'une action déterminée), une analyse est requise en application du décret nomenclature :

- la qualité des rejets dans les eaux de surface est appréciée au regard des seuils de la rubrique 2.2.3.0 de la nomenclature dont les niveaux de référence R 1 et R 2 sont précisés dans le tableau I ;
- la qualité des sédiments marins ou estuariens est appréciée au regard des seuils de la rubrique 4.1.3.0 de la nomenclature dont les niveaux de référence N 1 et N 2 sont précisés dans les tableaux II et III ;
- la qualité des sédiments extraits de cours d'eau ou canaux est appréciée au regard des seuils de la rubrique 3.2.1.0 de la nomenclature dont le niveau de référence S 1 est précisé dans le tableau IV.

**Tableau I :**

PARAMÈTRES	NIVEAU R 1	NIVEAU R 2
MES (kg/j)	9	90
DBO5 (kg/j) (*)	6	60
DCO (kg/j) (*)	12	120
Matières inhibitrices (équitox/j)	25	100
Azote total (kg/j)	1,2	12
Phosphore total (kg/j)	0,3	3
Composés organohalogénés absorbables sur charbon actif (AOX) (g/j)	7,5	25
Métaux et métalloïdes (Metox) (g/j)	30	125
Hydrocarbures (kg/j)	0,1	0,5
(*) Dans le cas de rejets salés présentant une teneur en chlorures supérieure à 2 000 mg/l, les paramètres DBO5 et DCO et leurs seuils sont remplacés par le paramètre COT avec les seuils suivants : Concernant a : COT : 80 kg/j (A) ; Concernant b : COT : 8 à 80 kg/j (D).		
Agence de l'Eau Loire de Bretagne	Aires de carénage propres (version 4)	P 31/45

**Tableau II : Niveaux relatifs aux éléments traces (en mg/kg de sédiment sec analysé sur la fraction inférieure à 2 mm)**

ÉLÉMENTS TRACES	NIVEAU N 1	NIVEAU N 2
Arsenic	25	50
Cadmium	1,2	2,4
Chrome	90	180
Cuivre	45	90
Mercure	0,4	0,8
Nickel	37	74
Plomb	100	200
Zinc	276	552

**Tableau III : Niveaux relatifs aux composés traces (en mg/kg de sédiment sec analysé sur la fraction inférieure à 2 mm)**

PCB	NIVEAU N 1	NIVEAU N 2
PCB totaux	0,5	1
PCB congénère 28	0,025	0,05
PCB congénère 52	0,025	0,05
PCB congénère 101	0,05	0,1
PCB congénère 118	0,025	0,05
PCB congénère 138	0,050	0,10
PCB congénère 153	0,050	0,10
PCB congénère 180	0,025	0,05
TBT	0,1	0,4

**Tableau IV : Niveaux relatifs aux éléments et composés traces (en mg/kg de sédiment sec analysé sur la fraction inférieure à 2 mm)**

PARAMÈTRES	NIVEAU S1
Arsenic	30
Cadmium	2
Chrome	150
Cuivre	100
Mercure	1
Nickel	50
Plomb	100
Zinc	300
PCB totaux	0,680
HAP totaux	22,800



## Article 2

Lors des analyses, afin d'évaluer la qualité des rejets et sédiments en fonction des niveaux de référence précisés dans les tableaux ci-dessus, la teneur à prendre en compte est la teneur maximale mesurée. Toutefois, il peut être toléré :

*1 dépassement pour 6 échantillons analysés ;*

*2 dépassements pour 15 échantillons analysés ;*

*3 dépassements pour 30 échantillons analysés ;*

*1 dépassement par tranche de 10 échantillons supplémentaires analysés,*

sous réserve que les teneurs mesurées sur les échantillons en dépassement n'atteignent pas 1,5 fois les niveaux de référence considérés.

## Article 3

Les tableaux figurant à l'article 1er peuvent être actualisés et complétés par arrêté complémentaire en fonction de l'évolution des connaissances scientifiques et techniques.

## Article 4

Les analyses sont réalisées par des laboratoires agréés en application de l'arrêté du 12 novembre 1998 susvisé et selon les modalités précisées dans l'arrêté précité.

## Article 5

Les dispositions du présent arrêté entreront en vigueur le 1<sup>er</sup> octobre 2006.

## Article 6

Le directeur de l'eau et le directeur des transports maritimes, routiers et fluviaux sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent arrêté, qui sera publié au Journal officiel de la République française.

Fait à Paris, le 9 août 2006.

La ministre de l'écologie et du développement durable,

Pour la ministre et par délégation :

Le directeur de l'eau,

P. Berteaud

Le ministre des transports, de l'équipement, du tourisme et de la mer,

Pour le ministre et par délégation :

Le directeur des transports maritimes, routiers et fluviaux,

P.-A. Roche

### Annexe 3 : Valeurs guides préconisées pour le rejet des chantiers de carénage

Paramètres	Base : Arrêté du 2 février 1998
Température	<30°C Eau salmonicoles : < 21,5°C Eaux cyprinicoles : < 28°C
pH	Entre 5,5 et 8,5 Eaux de baignade et salmonicoles : entre 6 et 9 Eaux conchylicoles : entre 7 et 9
couleur	< 100 mg Pt/l
MEST	100 mg/l si le flux journalier maximal autorisé par l'arrêté ne dépasse pas 15 kg/jr ; 35 mg/l au delà
DBO5	Sur effluent non décanté : 100 mg/l si le flux journalier autorisé n'excède pas 30 kg/jr ; 30 mg/l au-delà.
DCO	Sur effluent non décanté : 100 mg/l si le flux journalier maximal n'excède pas 100 kg/jr ; 125 mg/l au-delà.
Azote global	30 mg/l en concentration moyenne mensuelle
Phosphore total	10 mg/l en concentration moyenne mensuelle
Indice phénol	0,3 mg/l
Chrome hexavalent et ses composés	0,1 mg/l
Plomb et ses composés	0,5 mg/l
Cuivre et ses composés	0,5 mg/l
Chrome et ses composés	0,5 mg/l
Nickel et ses composés	0,5 mg/l
Zinc et ses composés	2 mg/l
Cyanures et ses composés	0,1 mg/l
Manganèse et ses composés	1 mg/l
Etain et ses composés	2 mg/l
Arsenic et ses composés	0,05 mg/l
Fer et aluminium et leurs composés	5 mg/l
Hydrocarbures totaux	10 mg/l
HAP	0,05 mg/l
PCB	0,05 mg/l
Benzène, Xylènes, Ethylbenzène	1,5 mg/l
Chloroanilines et chlorophénols	1,5 mg/l
TBT	1,5 mg/l

+

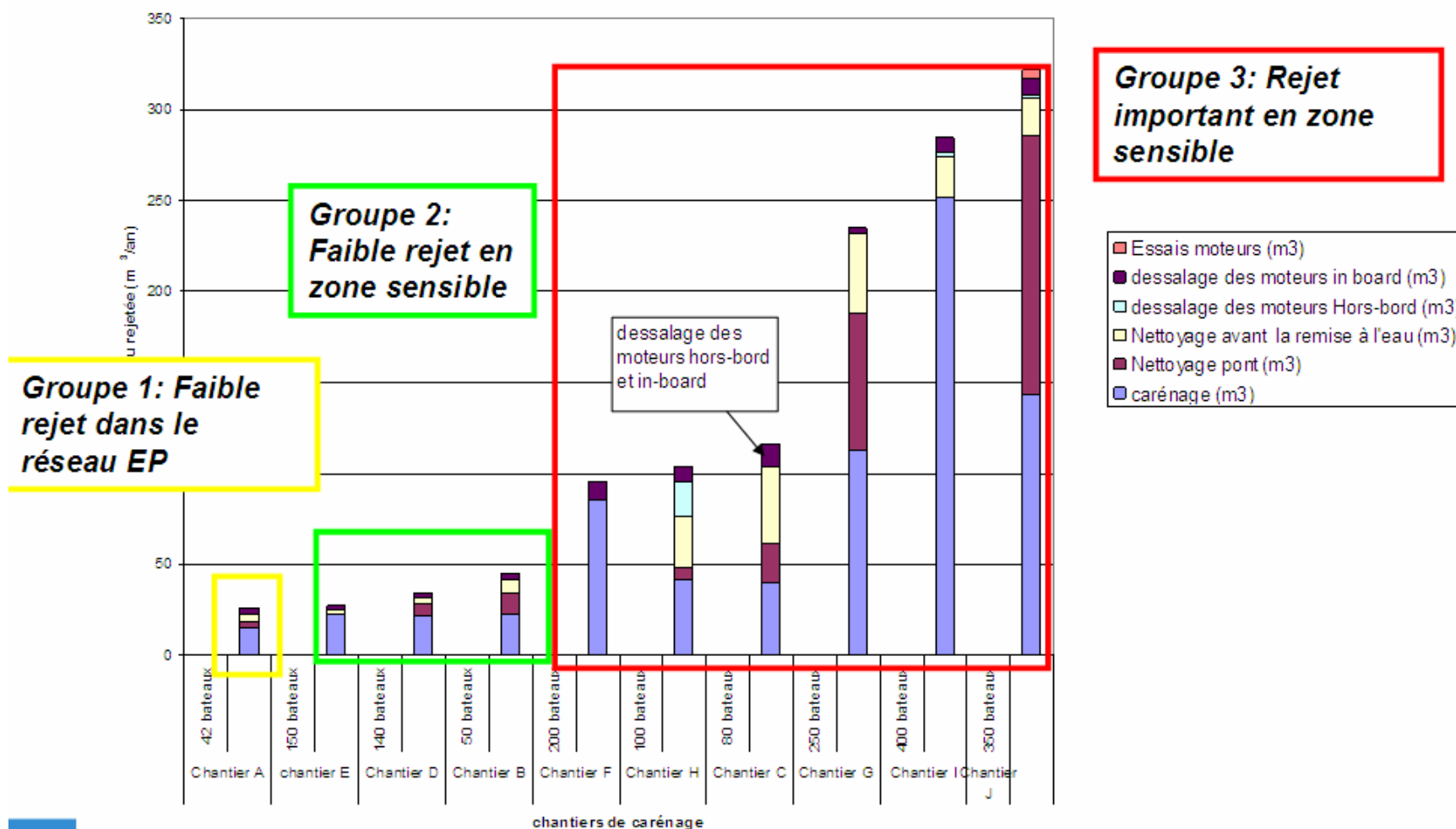
Paramètres	SAGE	Remarques
Pesticides totaux	2,5 µg/l	Paramètres étendus à tous les polluants organiques type solvants organiques



**Nota : Localement, des valeurs normatives plus exigeantes peuvent être exigées sur certains paramètres par les services de police de l'eau.**

**Exemple : TBT < 0,02 µg/l ou certains métaux lourds comme le Ni < 0,02 mg/l**

#### Annexe 4 : Comparaison des rejets en eaux issues des activités des chantiers de carénage (situation actuelle)



## Annexe 5 : Fourchette de flux spécifique de pollution

paramètres	flux spécifique minimal (mg/m²)	flux spécifique maximal (mg/m²)
MES	1340,0	3971,4
DBO5ad <sub>2</sub>	256,7	864,0
DCOad <sub>2</sub>	1391,0	4335,2
MOad <sub>2</sub>	633,6	2031,2
DBO <sub>5</sub> eb	267,6	909,5
DCOeb	1569,4	5184,0
NK	60,1	309,2
NO <sub>2</sub>	0,546	3,18
NO <sub>3</sub>	43,4	107,5
NH <sub>4</sub>	0	27,3
Chlorures	1469,3	12438,7
P	10,7	40,9
As	0	0,197
Pb	3,64E-02	1,99
Zn	17,7	329,0
Ni	0,218	1,08
Cu	25,5	271,3
Cr	0,147	0,537
Cd	2,55E-02	0,455
Fe	45,5	162,4
Al	25,2	82,7
Détergents	2,60	6,20
Indice phénol	0,247	7,52
Indice Hydrocarbures	26,0	90,9
MI	0	924,6
MVS	473,4	1593,1
Toluène	1,48E-03	2,80
Xylènes	1,51E-02	2,50
Benzène	0	0,574
Ethylbenzène	1,15E-03	0,364
Diuron	0,479	8,39
Di(2-ethylhexy)phtalate	8,73E-02	2,12
chloroforme	0	0,182
Lindane	0	0,107
chlorophénols	0	0,188

**Annexe 6 : Déclaration d'existence  
INSTALLATIONS CLASSEES POUR  
LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT**  
Articles L511-1 à L511-2  
**Nomenclature des pièces à produire  
pour la constitution d'un dossier  
de déclaration d'existence**

La déclaration d'implantation de l'installation doit être adressée au préfet du département avant sa mise en service.

Elle est établie sous la responsabilité du déclarant.

Un soin particulier doit être porté à l'établissement de la déclaration car une déclaration incomplète est irrecevable et conduit à une demande de renseignements complémentaires qui retardera la délivrance du récépissé de déclaration.

(1) Les dossiers de déclaration des ICPE doivent être adressés en fonction de la compétence territoriale:

- soit au Préfet de département,
- soit au Sous-Préfet d'arrondissement.

La déclaration et les documents joints sont produits **en trois exemplaires** et comprennent :

- Lettre de demande
- Dossier de déclaration
- Pièces annexes

**UNE LETTRE DE DEMANDE SIGNEE DU DECLARANT**

**UN DOSSIER DE DECLARATION PRECISANT LES RENSEIGNEMENTS SUIVANTS :**

La lettre de demande, signée, fournit les renseignements suivants :

☐ **L'exploitant**

L'identification complète de l'exploitant :

- S'il s'agit d'une personne physique, ses nom, prénom et domicile,
- S'il s'agit d'une personne morale, sa dénomination ou sa raison sociale (son numéro SIRET), sa forme juridique, l'adresse de son siège social, la qualité du signataire de la déclaration.

Dans tous les cas seront précisés le nom, le n° de téléphone de la personne chargée de suivre le dossier.

☐ **L'installation**

L'emplacement précis de l'installation doit être indiqué : département, commune, lieu-dit, rue et n°, n° de parcelle cadastrale

Il est conseillé de joindre un plan de situation.

☐ **Situation administrative de l'établissement**

On indiquera les autres installations classées du même établissement qui ont déjà fait l'objet d'un classement en précisant la date de l'arrêté d'autorisation ou du (des) récépissé(s) de déclaration.

☐ **Nature et volume des activités**

Ce paragraphe précise les rubriques de la nomenclature des installations classées dans lesquelles l'installation doit être rangée

**a) Nature des activités**

- Doivent être mentionnés :
  - l'énumération des diverses activités exercées
  - le volume, ou tonnage, de produits stockés
  - les différents équipements présents dans l'installation
- Ces activités peuvent concerner :
  - des stockages de produits (liquides inflammables, substances dangereuses...)
  - des opérations de fabrication (travail des métaux, du bois, des matières plastiques, distribution de liquides inflammables...)

- des activités annexes à l'activité principale de l'établissement (installation de compression d'air, installation de réfrigération...).

#### **b) Volume des activités**

- Il est exprimé conformément aux règles de classement de la nomenclature (par exemple : volume ou tonnage pour les stockages, puissance électrique alimentant les machines, capacité de production des matériels...)
- Indication des rubriques de la nomenclature
- Pour chaque activité exercée par l'installation, mentionnée dans la nomenclature, seront précisés le numéro, le libellé, le seuil concerné et la nature du classement (A-Autorisation, DC Déclaration soumis au contrôle périodique, D-Déclaration). Si pour une rubrique le seuil de l'autorisation est atteint, il faut alors constituer un dossier complet d'autorisation.
- Les activités pour lesquelles le seuil du classement n'est pas atteint seront également précisées, avec la mention non classable.

### **PIECES A JOINDRE A LA DECLARATION**

#### **□ Plan de situation du cadastre**

Il doit couvrir un rayon de 100 mètres autour de l'établissement.

#### **□ Plan d'ensemble de l'établissement**

établi à l'échelle de 1/200e. Lorsque l'établissement est particulièrement grand, l'échelle du plan peut, avec l'accord du Préfet, être réduite à 1/1000e. Ce plan doit être accompagné des légendes et des descriptions de l'installation permettant, notamment, de localiser les divers ateliers, les zones de stockage, les équipements particuliers... Il doit comporter également dans un rayon de 35 mètres au moins autour de l'installation (il est conseillé de repérer ce périmètre sur le plan) :

- L'affectation des constructions et terrains avoisinants,
- Les points d'eau,
- Les canaux, cours d'eau et égouts.

Des plans de détail de certaines installations pourront venir compléter le plan d'ensemble.

#### **□ Description de l'impact de l'établissement**

- La description du mode et des conditions d'utilisation, d'épuration et d'évacuation des eaux résiduaires. Seront en particulier précisés les usages de l'eau, les quantités consommées, les polluants contenus après usage, le mode de traitement, les caractéristiques après traitement, le lieu de rejet (réseau public, cours d'eau), l'existence d'un forage, la nappe concernée,
- Les émanations de toute nature (rejets dans l'air, poussières, odeurs, bruits, vibration...)
- La nature et les conditions d'élimination des déchets et résidus d'exploitation (nature, volume, conditions de stockage dans l'entreprise, mode d'élimination direct ou par l'intermédiaire d'un prestataire, tel que recyclage, valorisation énergétique, mise en décharge...)

#### **□ Les dispositions prévues en cas de sinistre :**

- Consignes de sécurité
- Equipements en matériel de lutte contre l'incendie prévus dans l'établissement et disponibles autour de celui-ci
- Plan de secours

### **AVIS IMPORTANT**

Lorsque l'implantation de l'installation nécessite l'obtention d'un permis de construire, le demandeur est tenu d'adresser, en même temps sa déclaration à la Préfecture (ou à la Sous-préfecture) et sa demande de permis de construire à la Mairie (ou à la Direction Départementale de l'Équipement).

## Annexe 7 : Estimation des coûts d'enlèvement (collecte et traitement) des effluents de carénage en tant que déchet dangereux

### Estimation pour des citernes de 10 m<sup>3</sup>

Chantier	Nombre de bateaux carénés chaque année	Nombre de moteurs in-board entretenus chaque année	consommation d'eau en période de pointe / jr (période de pointe allant de septembre à decembre en général)	Nbr de jours d'autonomie avec une cuve de 10 m <sup>3</sup> avant l'enlèvement en tant que déchet dangereux (estimation réalisée sur la base de la période de pointe)	volume d'eau rejeté chaque année pour le carenage, ledessalage des ponts et des moteurs	Nombre d'enlèvements par an	prix pour prestataire 1 /an	prix pour prestataire 2 /an
Chantier A	42 actuel/100 futur	12 actuel / 30 futur	1,4 m <sup>3</sup> en pointe actuel	7	22 m <sup>3</sup> actuel / 44 m <sup>3</sup> futur	3 actuel/ 6 futur	8226€HT actuel/16452€HT futur	7710 €HT actuel//15420€HT futur
Chantier B	50 actuel/ 80 futur	30 actuel / 50 futur	2,4 m <sup>3</sup> en pointe actuel	4	60 m <sup>3</sup> actuel / 118,5 m <sup>3</sup> futur	6 actuel/ 12 futur	14216€HT actuel/ 28433€HT futur	15420€HT actuel/ 30840€HT futur
Chantier C	80 actuel/ 200 futur	40 actuel / 100 futur	4,5m <sup>3</sup> en pointe actuel	2	73 m <sup>3</sup> actuel / 168 m <sup>3</sup> futur	8 actuel/ 17 Futur	19851€HT actuel / 42296 €HT futur	20560€HT actuel / 43690 € HT futur
Chantier D	140 actuel/ 300 futur	70 actuel / 150 futur	1 m <sup>3</sup> en pointe actuel	10	31 m <sup>3</sup> actuel / 67,5 m <sup>3</sup> futur	4 actuel/ 7 futur	9624€HT actuel / 16842 €HT futur	10290€HT actuel / 17990 € HT futur
Chantier E	150 actuel/250 futur	50 actuel / 80 futur	1m <sup>3</sup> en pointe actuel	10	20 m <sup>3</sup> actuel /42 m <sup>3</sup> futur	2 actuel/5 futur	4838€HT actuel /12095€HT futur	5140€HT actuel/ 12850€HT futur
Chantier F	200 actuel/300 futur	100 actuel / 150 futur	3,1 m <sup>3</sup> en pointe actuel	3	92,5 m <sup>3</sup> actuel /143 m <sup>3</sup> futur	10 en actuel/15 futur	27678€HT actuel/ 41517€HT futur	25700€HT actuel /38550€HT futur
Chantier G	250 actuel/ 300 futur	100 actuel / 120 futur	5,5 m <sup>3</sup> en pointe actuel	1	190 m <sup>3</sup> actuel / 228 m <sup>3</sup> futur	19 actuel/ 23 futur	52588€HT actuel /63659€HT futur	48830€HT actuel /59110€HT futur
Chantier H	100 actuel/ 150 futur	20 actuel / 30 futur	2,9 m <sup>3</sup> en pointe actuel	3	72 m <sup>3</sup> actuel / 95 m <sup>3</sup> futur	8 actuel/ 10 futur	22142€HT actuel/ 27678€HT futur	20560€HT actuel/ 25700€HT futur
Chantier I	400 actuel / 500 futur	40 actuel / 45 futur	5,5 m <sup>3</sup> en pointe actuelle / 10,5 m <sup>3</sup> en pointe futur	1 actuellement / < 1 en situation future	285 m3 actuel / 353 m <sup>3</sup> futur	29 actuel / 36 futur	78460 € HT actuel / 97399 € HT futur	74530€HT actuel/ 92520€HT futur
Chantier J	350 actuel/ 400 futur	90 actuel / 103 futur	6,4 m <sup>3</sup> en pointe actuel	1	296 m <sup>3</sup> actuel / 355 m <sup>3</sup> futur	30 actuel/ 36 futur	80793€HT actuel /96951€HT futur	77100€HT actuel/ 92520€HT futur

## Annexe 8 : Evaluation de l'efficacité des systèmes de traitement

paramètres	concentration minimale avant traitement (mg/L)	concentration maximale avant traitement (mg/L)	efficacité du décanteur lamellaire (%)	concentration minimale après traitement (mg/l)	concentration maximale après traitement (mg/l)	valeur de l'arrêté du 2 fev 98 (mg/l)
MES	34	397	98,6	0,469	5,560	100
DBO5ad2	6,42	86	76,9	1,483	19,959	100
DCOad2	35	434	80,9	6,642	82,802	300
MOad2	16	203	79,7	3,216	41,233	
DBO5eb	6,69	91	87,6	0,830	11,278	100
DCOeb	39	518	90,9	3,570	47,175	300
NK	1,50	31	82,5	0,263	5,411	30
NO2	0,0137	0,3183				
NO3	1,09	11				
NH4	0,0000	2,73				
Chlorures	37	1244				
P	0,2671	4	89,1	0,029	0,446	10
As	0,0000	0,0197	100	0,000	0,000	0,05
Pb	0,0009	0,1986	100	0,000	0,000	0,5
Zn	0,4415	33	81,6	0,081	6,054	2
Ni	0,0055	0,1076				0,5
Cu	0,6372	27	97	0,019	0,814	0,5
Cr	0,0037	0,0537				0,5
Cd	0,0006	0,0455				
Fe	1,14	16				5
Al	0,6296	8,27				
Détergents	0,0651	0,6199				
Indice phénol	0,0062	0,7522				0,3
Indice Hydrocarbures	0,6511	9,09	100	0,000	0	0,2
MI	0,0000	92				
MVS	12	159				
Toluène	0,0000	0,2802				
Xylène	0,0004	0,2500				
Benzène	0,0000	0,0574				
Ethylbenzène	0,0000	0,0364				
Diuron	0,0120	0,8385				
Di(2-ethylhexy)phtalate	0,0022	0,2116				
chloroforme	0,0000	0,0182				
Lindane	0,0000	0,0107				
chlorophénols	0,0000	0,0188				

NB: les valeurs de rendement épuratoire proviennent d'une étude réalisée pour le compte de l'agence de l'eau Seine-Normandie. L'installation est constituée d'un décanteur lamellaire avec une pompe de relevage équipée d'un tamis en amont

EVALUATION DE L'EFFICACITE DE LA FILIERE DECANTEUR



paramètres	concentration minimale avant traitement (mg/L)	concentration maximale avant traitement (mg/L)	efficacité de la filière zéolithe (%)	concentration minimale après traitement (mg/l)	concentration maximale après traitement (mg/l)	valeur de l'arrêté du 2 fev 98 (mg/l)
MES	34	397	87,1	4,32	51	100
DBO5ad2	6,42	86	73,8	1,68	23	100
DCOad2	35	434	61	14	169	300
MOad2	16	203	64,7	5,59	72	
DBO5eb	6,69	91	73,3	1,79	24	100
DCOeb	39	518	63,5	14	189	300
NK	1,50	31	53,3	0,701	14	30
NO2	0,0137	0,3183	84,6	0,002	0,049	
NO3	1,09	11	95,9	0,044	0,441	
NH4	0,0000	2,73	0	0,000	2,73	
Chlorures	37	1244	54,5	17	566	
P	0,2671	4,09	17,3	0,221	3,38	10
As	0,0000	0,0197	100	0,000	0,000	0,05
Pb	0,0009	0,1986	100	0,000	0,000	0,5
Zn	0,4415	33	86,5	0,060	4,44	2
Ni	0,0055	0,1076	54,7	0,002	0,049	0,5
Cu	0,6372	27	82	0,115	4,88	0,5
Cr	0,0037	0,0537	78,8	0,001	0,011	0,5
Cd	0,0006	0,0455	82,4	0,000	0,008	
Fe	1,14	16	84,6	0,175	2,50	5
Al	0,6296	8,27	90,8	0,058	0,760	
Détergents	0,0651	0,6199	0	0,065	0,620	
Indice phénol	0,0062	0,7522	100	0,000	0,000	0,3
Indice Hydrocarbures	0,6511	9,09	78,5	0,140	1,95	0,2
MI	0,0000	92	100	0	0,000	
MVS	12	159	77,8	2,63	35	
Toluène	0,0000	0,2802				
Xylène	0,0004	0,2500				
Benzène	0,0000	0,0574				
Ethylbenzène	0,0000	0,0364				
Diuron	0,0120	0,8385				
Di(2-ethylhexy)phtalate	0,0022	0,2116				
chloroforme	0,0000	0,0182				
Lindane	0,0000	0,0107				
chlorophénols	0,0000	0,0188				

NB: les valeurs de rendements épuratoire proviennent d'une étude réalisée pour le compte de l'agence de l'eau Loire Bretagne sur l'installation du chantier constitué de puits de décantation et d'un traitements sur zéolithe.

. L'installation est

### EVALUATION DE L'EFFICACITE DE LA FILIERE AVEC TRAITEMENT SUR ZEOLITHE

paramètres	concentration minimale avant traitement (mg/L)	concentration maximale avant traitement (mg/L)	efficacité de l'electrocoagulation (%)	concentration minimale après traitement (mg/l)	concentration maximale après traitement (mg/l)	valeur de l'arrêté du 2 fev 98 (mg/l)
MES	34	397	99	0	4	100
DBO5ad2	6,42	86				100
DCOad2	35	434				300
MOad2	16	203				
DBO5eb	6,69	91	66	2	31	100
DCOeb	39	518	82	7	93	300
NK	1,50	31	97	0,045	0,928	30
NO2	0,0137	0,3183	100	0,000	0,000	
NO3	1,09	11	100	0,000	0,000	
NH4	0,0000	2,73	100	0,000	0,000	
Chlorures	37	1244	85	6	187	
P	0,2671	4,09	97	0,008	0,123	10
As	0,0000	0,0197	100	0,000	0,000	0,05
Pb	0,0009	0,1986	100	0,000	0,000	0,5
Zn	0,4415	33	100	0,000	0,000	2
Ni	0,0055	0,1076	100	0,000	0,000	0,5
Cu	0,6372	27	100	0,000	0,000	0,5
Cr	0,0037	0,0537	100	0,000	0,000	0,5
Cd	0,0006	0,0455	100	0,000	0,000	
Fe	1,14	16				5
Al	0,6296	8				
Détergents	0,0651	0,6199	96	0,003	0,025	
Indice phénol	0,0062	0,7522	81	0,001	0,143	0,3
Indice Hydrocarbures	0,6511	9,09	100	0,000	0,000	0,2
MI	0,0000	92	100	0,000	0,000	
MVS	12	159				
Toluène	0,0000	0,2802				
Xylène	0,0004	0,2500				
Benzène	0,0000	0,0574				
Ethylbenzène	0,0000	0,0364				
Diuron	0,0120	0,8385				
Di(2-ethylhexy)phtalate	0,0022	0,2116				
chloroforme	0,0000	0,0182				
Lindane	0,0000	0,0107				
chlorophénols	0,0000	0,0188				

NB: les valeurs de rendements épuratoire proviennent d'une étude réalisée pour le compte de l'agence de l'eau Loire Bretagne sur l'installation du chantier  
L'installation est constitué de puits, d'un deshuileur, d'un système d'electrocoagulation et de membranes en céramique (unité de filtration).

**EVALUATION DE L'EFFICACITE DE LA FILIERE AVEC TRAITEMENT PAR ELECTROCOAGULATION ET MEMBRANES CERAMIQUES**

Annexe 9 : Synthèse des coûts pour les 10 chantiers

Chantier	superficie de l'aire (m²)	Enlèvement en tant que déchets dangereux			Stockage et traitement mobile				Traitement in situ				
		Coût du Génie Civil (k€ HT)	Coût d'investissement (k€ HT) - couve de 10 m³	Coût d'exploitation (k€ HT)	Coût du Génie Civil (k€ HT)	dimension du DSH (m³)	Coût d'investissement (k€ HT)	Coût d'exploitation (k€ HT)	Coût du Génie Civil (k€ HT)	filière adoptée	dimension du DSH (m³)	Coût d'investissement (k€ HT)	Coût d'exploitation (k€ HT)
Chantier A	72	27 à 30 (sans la couverture)	6	10 à 17	ECONOMIQUEMENT INENVISAGEABLE				aire non couverte : 27 à 30	Filière simple: débourbeur/décanteur/déshuileur	10	40	4 à 5
									aire couverture: 27 à 30 (hors prix de la couverture)		4	30	2 à 3
Chantier B	120	43 à 45 (sans le by pass)	6	15 à 30	43 à 45 (sans le by-pass)	4	30	3 + coût de la filière répercuté par le prestataire	43 à 45	Filière exhaustive: débourbeur/décanteur/déshuileur + Ultrafiltration + Charbon actif	15	80	7 à 10
Chantier C	120	43 à 45 (sans le by pass)	6	10 à 25	43 à 45 (sans le by pass)	4	30	3 + coût de la filière mobile répercuté par le prestataire	43 à 45	Filière exhaustive: débourbeur/décanteur/déshuileur + Ultrafiltration + Charbon actif	15	80	7 à 10
Chantier D	91	33 à 35 (sans le by pass)	6	5 à 13	33 à 35 (sans le by pass)	4	30	3 + coût de la filière mobile répercuté par le prestataire	33 à 35	Filière exhaustive: débourbeur/décanteur/déshuileur + Ultrafiltration + Charbon actif	12	76	5 à 9
Chantier E	132	TECHNIQUEMENT INENVISAGEABLES							72 à 75	Filière exhaustive: débourbeur/décanteur/déshuileur + Ultrafiltration + Charbon actif	22	85 à 89	11 à 14
Chantier F	96	TECHNIQUEMENT INENVISAGEABLES							34 à 36	Filière exhaustive: débourbeur/décanteur/déshuileur + Ultrafiltration + Charbon actif	13	76	6 à 9
Chantier G	102	TECHNIQUEMENT INENVISAGEABLES							5 à 6	Filière exhaustive: débourbeur/décanteur/déshuileur + Ultrafiltration + Charbon actif	14	78	6 à 9
Chantier H	63	TECHNIQUEMENT INENVISAGEABLES							aire couverte de 63 m²: 3 à 5 (hors prix de la couverture)	Filière exhaustive: débourbeur/décanteur/déshuileur + Ultrafiltration + Charbon actif	4	60	4 à 10
	aire non couverte de 63 m²: 3								9		70		
	aire couverte de 150 m²: 33 (hors prix de la couverture)								4		60		
	aire non couverte de150m²: 33								17		80		
Chantier I	200	TECHNIQUEMENT INENVISAGEABLES							72 à 75	Filière exhaustive: débourbeur/décanteur/déshuileur + Ultrafiltration + Charbon actif	22	85 à 89	11 à 14
Chantier J	84	TECHNIQUEMENT INENVISAGEABLES							33	Filière exhaustive: débourbeur/décanteur/déshuileur + Ultrafiltration + Charbon actif	11	73	5 à 10

NB: Il s'agit de coûts majorés pour établir un budget. Ces prix seront à négocier avec les prestataires.

BILAN DES COUTS D'INVESTISSEMENTS ET D'EXPLOITATION PREVUS POUR CHAQUE CHANTIER:

## Annexe 10 : Grille de solutions de traitement en fonction de la taille du chantier et de la sensibilité du milieu récepteur

Milieu récepteur/Taille des chantiers	< à 100 bateaux (consommation d'eau < à 100 m³/an)	100 à 400 bateaux (consommation d'eau entre 100 et 400 m³/an)	> à 400 bateaux (consommation d'eau > à 400 m³/an)
	avec des consommations d'eau comprises entre 10 et 30 l/m² caréné de bateaux et < 500l/dessalage de moteurs in-board.		
<b>Baignades</b>	<u>Stockage</u> Pompage et élimination des effluents en tant que déchets dangereux ou Traitement mobile avant rejet* ou <u>Filière exhaustive</u> 1) Prétraitement (ex : débourbeur/Décanteur/Déshuileur) 2) Traitement poussé (ex : microfiltration, UF,...) 3) Traitement de finition (ex : adsorption,...)	<u>Filière exhaustive :</u> 1) Prétraitement (ex : débourbeur/Décanteur/Déshuileur) 2) Traitement poussé (ex : microfiltration, UF,...) 3) Traitement de finition (ex : adsorption,...)	
<b>Conchylicoles</b>			
<b>Salmonicoles</b>			
<b>Eau de mer hors cas cités précédemment</b>	Prétraitement : Débourbeur/Décanteur/Déshuileur	<u>Filière intermédiaire :</u> 1) Prétraitement (ex : débourbeur/Décanteur/Déshuileur) 2) Traitement de finition (ex : adsorption,...)	<u>Filière exhaustive :</u> 1) Prétraitement (ex : débourbeur/Décanteur/Déshuileur) 2) Traitement poussé (ex : microfiltration, UF,...) 3) Traitement de finition (ex : adsorption,...)
<b>Réseau EP communal avec exutoire mer hors cas particuliers cités précédemment</b>			
<b>Réseau EP communal avec exutoire cours d'eau hors cas particuliers cités précédemment</b>			

\*Ce système de traitement serait à approfondir avec un prestataire spécialisé dans le traitement des déchets dangereux. Ce prestataire pourrait s'équiper d'un système de traitement mobile adapté aux effluents de carénage. Il assurerait la prestation de traitement des effluents stockés sur le chantier à une périodicité à définir et à un coût qui reste à établir avec le prestataire intéressé.

NB : Le réseau d'assainissement (eaux usées) n'a pas vocation à collecter les eaux souillées issues des activités de carénage. Ce point de rejet n'est envisageable que dans la mesure où aucun autre point de rejet n'est disponible (milieu naturel et réseau eaux pluviales) et sous réserve de l'obtention d'une autorisation de rejet et du respect d'une éventuelle convention de déversement.

Annexe 11 : Placement des chantiers audités sur la grille de choix

Milieu récepteur/Taille des chantiers	< à 100 bateaux (consommation d'eau < à 100 m³/an)	100 à 400 bateaux (consommation d'eau entre 100 et 400 m³/an)	> à 400 bateaux (consommation d'eau > à 400 m³/an)
	avec des consommations d'eau comprises entre 10 et 30 l/m² caréné de bateaux et < 500l/dessalage de moteurs in-board.		
Baignades	1) Stockage puis a) pompage et traitement des eaux en tant que déchets dangereux ou b) traitement mobile avant rejet ou 2) Filière exhaustive Débourbeur/Décanteur/Déshuileur + Ultrafiltration + Charbon actif	Filière exhaustive : Débourbeur/Décanteur/Déshuileur + Ultrafiltration + Charbon actif	
Conchylicoles			
Salmonicoles			
Eau de mer hors cas cités précédemment	Débourbeur/Décanteur/Déshuileur  <div>Chantier A</div>	Chantier D Chantier E Chantier B	Chantier C Chantier F Chantier I Chantier J Chantier H Chantier G
Réseau EP communal avec exutoire mer hors cas particuliers cités précédemment		Débourbeur/Décanteur/Déshuileur + Charbon actif	Filière ex Débourbeur/Déc + Ultra + Char
Réseau EP communal avec exutoire cours d'eau hors cas particuliers cités précédemment			