

**Direction Départementale des Territoires et de la Mer  
Direction Mer et Littoral –Pôle « Gestion du  
Littoral »**

50108 CHERBOURG OCTEVILLE

Port-en-Bessin,  
Le 25 avril 2017

*V/Réf. : Courrier DDTM-SML-GL n°2017-225, à destination du Centre Ifremer de Port en Bessin, réceptionné le 09/02/2017.*

*N/Réf. : LERN/PB/17-013*

*Objet : Avis Ifremer sur la mise en place d'un dispositif de chloration sur un système de pompes à chaleur sur eau de mer.*

Institut français de Recherche  
pour l'Exploitation de la Mer

Etablissement public à caractère  
industriel et commercial

Station de Port-en-Bessin  
Avenue du Général de Gaulle  
B.P. 32  
14520 Port-en-Bessin  
France

Téléphone 33 (0)2 31 51 13 00  
télécopie 33 (0)2 31 51 13 01  
<http://www.ifremer.fr>

Siège social  
155, rue Jean-Jacques Rousseau  
92138 Issy-les-Moulineaux Cedex  
France

R.C.S. Nanterre B 330 715 368  
APE 7219Z  
SIRET 330 715 368 00297  
TVA FR 46 330 715 368

Téléphone 33 (0)1 46 48 21 00  
télécopie 33 (0)1 46 48 21 21  
<http://www.ifremer.fr>

*Dossier suivi par : Isabelle Amouroux (Ifremer, RBE/BE/cellule ARC – Analyse de Risque Chimique en milieu marin), Christophe Stavrakakis (Ifremer, RBE/SG2M/LSPC – Laboratoire Sécurisation des Productions en Conchyliculture...).*

*Contribution et/ ou relecture : Florence Menet-Nédélec et Marie-Pierre Halm-Lemeille (Ifremer, ODE/UL/LER/N – Laboratoire Environnement Ressources aquacoles de Normandie)*

### Contexte de la demande d'avis

Par courrier daté du 06 février 2017, M. le Responsable du pôle « Gestion du Littoral » Direction Départementale des Territoires et de la Mer de La Manche - Mission Mer, sollicite l'avis de l'Ifremer sur le projet de mise en place d'un dispositif de chloration sur un système de pompes à chaleur sur eau de mer, dans le bassin du commerce à Cherbourg en Cotentin.

### Documents fournis

Dossier de porter à connaissance :

Département de la Manche EDF optimal solutions, 2017. Commune de Cherbourg en Cotentin, Mise en place d'un dispositif de chloration sur un système de pompes à chaleur sur eau de mer. Janvier 2017, 10 p.

### Eléments techniques du dossier :

Il s'agit d'une modification demandée par l'Association Syndicale du quartier de la Divette sur le fonctionnement de la pompe à chaleur eau / eau avec échangeur eau de mer : eau douce, pompe à chaleur qui permet le chauffage de 1500 logements.

L'eau de mer est pompée dans le bassin du commerce via une pompe de 488 m<sup>3</sup>/h, une seconde pompe est installée en secours. Elle est filtrée à 500 µm afin de la débarrasser des sables et déchets puis elle est envoyée vers un échangeur eau de mer/ eau douce.

L'eau de mer qui était en entrée à 8 °C minimum est rejetée à 5° C maximum dans le bassin.

Compte tenu du développement de mollusques sur le circuit primaire, les larves n'étant pas retenues par la filtration à 500 µm, l'ASL de la Divette souhaite mettre en place un système de désinfection au chlore sur le circuit primaire de l'installation afin de supprimer la fixation de mollusques marins.

Le système de désinfection consiste en l'injection d'hypochlorite de sodium (javel) par :

- Une pré-chloration choc d'un dosage de  $7,50 \text{ g/m}^3$  pendant 1 h toutes les 12 h
- Une chloration continue d'un dosage de  $0,50 \text{ g/m}^3$  permanente.

Un système d'injection de bisulfite de sodium d'un dosage de  $3 \text{ g/m}^3$  afin de consommer le chlore résiduel avant rejet de l'eau de mer au milieu naturel.

Une sonde REDOX mesure le potentiel oxydant de l'eau permettant d'apprécier le taux de chlore résiduel en continu avant le rejet vers le bassin. Dès qu'un écart avec une valeur seuil de ce potentiel REDOX est mesuré, l'ajout de bisulfite de sodium est déclenché afin de neutraliser le chlore résiduel.

Consommations annuelles prévisionnelles :

- 32 062 kg/an hypochlorite de sodium à  $150 \text{ g/kg Cl}_2^-$  sous forme NaOCl
- 12 825 kg/an de bisulfite de sodium à  $300 \text{ g/L SO}_2$  sous forme  $\text{HNaSO}_3$

### Commentaires Ifremer

Nos commentaires portent sur les substances utilisées et le risque que leur utilisation peut représenter pour la santé des écosystèmes marins.

Dans le cadre du système envisagé de désinfection au chlore sur le circuit de l'installation, il y a deux aspects à considérer : la chloration à l'entrée des eaux marines par l'adjonction d'hypochlorite de sodium, et l'ajout de bisulfite de sodium avant rejet dans le bassin maritime pour neutraliser le chlore résiduel.

A noter que le document ne précise pas les écarts tolérés par la sonde REDOX en sortie, avant rejet.

### Utilisation et devenir du NaOCl en milieu marin ?

Lors de la chloration de l'eau de mer, le chlore réagit immédiatement avec les composés et substances présents dans l'eau de mer. A de faibles taux de chloration, la transformation du chlore libre en brome libre est totale et instantanée. En zones côtières et portuaires, le caractère instantané de l'oxydation des bromures en présence d'azote ammoniacal peut entraîner la formation d'espèces bromées : **bromamines et bromoforme** (Abarnou, 1982). Le rapport de concentration entre le chlore et l'ammonium détermine la nature des produits formés. Lors de chloration à  $5 \text{ mg/L}$ , et selon la concentration croissante d'ammonium, il y a successivement formation d'acide hypobromeux, de tribromamine, de dibromamine et de monobromamine. La **monochloramine** est également formée en lors de la chloration d'eau chargée en azote ammoniacal.

La formation de **trihalométhane** est également mise en évidence en présence d'eaux riches en composés organiques : chloroforme, bromodichlorométhane, chlorodibromométhane et surtout bromoforme, qui reste le composé prépondérant par rapport aux autres produits trihalogénés. Ce dernier a été récemment mesuré lors de tests de désinfection de l'eau de mer et des concentrations de plusieurs dizaines de  $\mu\text{g/L}$  ont été obtenues pour des chlurations comprises entre  $10$  et  $100 \text{ mg/L}$  (Stavarakakis *et al.*, 2017). Le caractère nocif de cette substance pour l'environnement marin et les organismes aquatiques est à prendre en compte dans le cas d'un rejet en continu dans le milieu naturel.

Enfin, la présence dans l'eau d'hydrocarbures aromatiques, sensibles à l'action du chlore, peut entraîner la formation de dérivés substitués. Il a été mis en évidence lors de forte chloration ( $20 \text{ mg/L}$ ) dans des eaux enrichies en hydrocarbures aromatiques, et avec un temps de contact prolongé, la formation de **dérivés bromosubstitués** : triméthylbenzène mono ou di bromés, naphthalène mono ou di bromé, naphthalène mono ou dibromé, monobromodiphényles. Toutefois, dans des conditions de chloration habituellement pratiquées la formation de tels dérivés devrait être réduite par la forte demande en chlore de l'eau de mer et des temps de contacts brefs.

L'eau de mer est utilisée ici comme source de chaleur au travers d'un échangeur de chaleur eau de mer / eau douce. La chloration de l'ordre du mg/L vise un effet biocide pour protéger le circuit de transit de l'eau de mer. L'action biocide due au brome libre et aux bromamines, affecte les organismes planctoniques solidaires de la masse d'eau de transit et les larves de mollusques marins. Leur présence dans les eaux du dispositif est généralement limitée à la durée du transit par l'installation, toutefois compte tenu du volume non négligeable et continu à un débit de 488 m<sup>3</sup>/h pour la pompe principale (non précisé pour la pompe de secours), et du milieu récepteur (avec potentiellement une faible salinité, la présence d'hydrocarbures et une teneur élevée en azote ammoniacal), il n'est pas exclu que ces sous-produits soient présents dans la zone du rejet voire qu'il y ait formation de monochloramine (en cas d'extrême contamination ou de dessalure).

#### **Les effets biologiques des dérivés de la chloration et leur devenir en milieu marin**

Ainsi, les rejets d'eaux, douces ou marines, sont susceptibles de répandre dans le milieu récepteur des composés nocifs : brome libre, bromamines : oxydants, toxiques et instables ; de la monochloramine, composé toxique, relativement stable et des trihalométhanes, composés volatils (essentiellement chloroforme ou bromoforme).

Le Portail des Substances Chimiques (PSC) de l'Ineris permet d'accéder aux informations disponibles sur la **monochloramine** (n°CAS : 10599-90-3) notamment sur les données de toxicité observées de cette substance sur différentes espèces en milieu eau douce et marin. Une Norme de Qualité Environnementale (NQE) correspondant à la *concentration d'un polluant dans l'eau, les sédiments ou le biote qui ne doit pas être dépassée afin de protéger la santé humaine et l'environnement*, est proposée pour cette substance, elle vise la protection des organismes de la colonne d'eau (eau douce) : NQE eau = 0,01 µg/l de monochloramine (Ineris, 2010). Il n'y a pas de proposition de seuils pour la matrice eau marine, sur cette fiche NQE de l'Ineris de 2010.

Le **chloroforme** est une substance soumise à plusieurs réglementations. Elle est notamment identifiée au titre des substances prioritaires de l'état chimique de la DCE (n°CAS 67-66-3) (Directive n°2013/39/UE<sup>1</sup>), mais également au titre de REACH (annexe VII liste des restrictions), du Plan National Santé Environnement PNSE 2,... (Ineris, 2017). Une Norme de Qualité Environnementale est fixée dans l'eau à 2,5 µg/l de chloroforme, elle est identique pour l'eau douce et l'eau marine.

Le **bromoforme** (INRS, 2003) (n°CAS 75-25-3) est identifié comme « Toxique pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme » (danger chronique, catégorie 2 ; H411) (Réglementation CLP<sup>2</sup>). Néanmoins, aucune information relative à son écotoxicité n'est actuellement disponible sur le Portail substances Chimiques.

#### **Utilisation de bisulfite de sodium en amont du rejet en milieu marin ?**

Le HNaSO<sub>3</sub> est couramment utilisé après traitement de chloration pour neutraliser l'excès de chlore. La mise en place d'un tel dispositif est effectivement nécessaire mais ne peut pas empêcher la formation de sous-produits de désinfection dans les conditions décrites plus haut. La fiche de sécurité du sodium bisulfite (n° CAS 7631-90-5) (<http://www.chimieplus.com/base/fichepdf/fds12124.pdf>) indique que peu de données sont disponibles sur les informations écologiques pour cette substance (toxicité, persistance, dégradabilité, bioaccumulation,...). Une valeur de PNEC en eau de mer est indiquée dans cette fiche de sécurité à 0,11 mg/L HNaSO<sub>3</sub>. Ces éléments ne sont pas inscrits dans le Portail Substances Chimiques, aussi la validité de cette valeur de PNEC n'est pas vérifiée.

<sup>1</sup>Directive n°2013/39/UE du 12/08/2013 modifiant les directives 2000/60/CE et 2008/105/CE en ce qui concerne les substances prioritaires pour la politique dans le domaine de l'eau.

<sup>2</sup>Règlement (CE) n° 1272/2008 du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 introduit dans l'Union Européenne le système général harmonisé de classification et d'étiquetage.

### **Enjeux environnementaux en milieu marin dans le secteur de la zone de rejet**

La zone de rejet fait partie de la masse d'eau FRHC61 « Intérieur Rade Cherbourg » de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE). C'est une masse d'eau fortement modifiée où l'hydrodynamisme très marqué est un facteur d'homogénéisation avec néanmoins la présence de zones confinées du fait des aménagements portuaires. Cette masse d'eau est sous l'influence d'une forte industrialisation, d'une grande activité de navigation et portuaire, et d'une importante urbanisation. En outre, celle-ci abrite la seule ferme aquacole d'élevage de saumons en mer de France « *Saumon de France* », et aucune production conchylicole.

Cette masse d'eau ne possède pas de formation végétale remarquable et présente une population d'invertébrés benthiques en zone subtidale dont les sables fins sont l'habitat préférentiel en limite extérieure de la rade. Dans le cadre de la DCE, celle-ci a été évaluée en très bon état. Il n'a cependant été rapporté aucune donnée biologique spécifique à la zone du bassin de commerce de Cherbourg.

Le bassin de commerce est une zone confinée en termes de circulation des eaux, dont les rejets aboutissent dans la petite rade de Cherbourg. Bien que n'ayant pas fait l'objet de simulations de lâcher de particules à partir du bassin de commerce, le modèle hydrodynamique montre qu'un lâcher à la sortie de la petite rade de Cherbourg est rapidement transporté vers l'ouest de la grande rade, sans traverser la zone d'élevage des saumons pour sortir par la Passe de l'Ouest (Le Goff *et al.*, 2005). Aussi ces rejets n'impacteraient pas la zone d'élevage des saumons.

### **Conclusion et avis de l'Ifremer**

La chloration de l'eau de mer entraîne la formation de sous-produits potentiellement toxiques pour le milieu marin dans la zone de transit et dans la zone de rejet parmi lesquels : bromamine, bromoforme, chloroforme.

Afin de protéger la santé humaine et l'environnement, des valeurs seuils sont définies : les normes de qualité environnementales. Le chloroforme dispose d'une NQE à 2,5 µg/L. Les deux autres substances (bromoforme, monochloramine) bien qu'identifiées comme toxiques ne disposent pas à ce jour de seuils équivalents (type NQE) pour la matrice eau marine. Le bisulfite de sodium ne dispose que de peu de données écotoxicologique également, une PNEC est identifiée sur sa fiche de sécurité mais elle n'est pas vérifiée.

L'Ifremer n'a pas d'objection par rapport au projet compte tenu des connaissances actuelles sur le sujet et sur la base des informations transmises, mais recommande la mise en place de deux actions :

- la détermination de seuils (type NQE) sur le bromoforme, la monochloramine, et le bisulfite de sodium ce qui nécessite un travail spécifique (INERIS, et / ou ARC),
- L'acquisition de mesures de concentration sur ces substances : bromamine, bromoforme, chloroforme, et bisulfite de sodium (sur la matrice eau marine) et hydrocarbures aromatiques (sur une matrice intégratrice (mollusque) dans la zone de mélange du rejet, avant la mise en place du dispositif de chloration et après la mise en fonctionnement de ce dispositif.

Ces actions permettront de déterminer si les résultats de concentration respectent ou non les valeurs seuils visant la protection du milieu marin.

*Chef de Station*

**Documentation utilisée :**

Abarnou Alain, 1981. Aspects chimiques de la chloration de l'eau de mer. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00045/15649/>

Abarnou Alain, 1982. Les rejets chlorés en mer. Aspects chimiques de la chloration des eaux et évaluation des nuisances pour le milieu. Sciences et Pêche, Bull. Inst. Pêches Maritimes, n° 321, février 1982, 11 p.

INERIS, 2010. Norme de Qualité environnementale Monochloramine – n° CAS 10599-90-3. 04/01/2010, 16 p.

INERIS, 2017. Norme de Qualité environnementale Chloroforme – n° CAS 67-66-3. 13/02/2017, 23 p.

INRS, 2003. Bromoforme Fiche toxicologique n°176, 2003.

Le Goff Ronan, Riou Philippe, Daniel Anne, Etourneau Claude, Maheux Frank, Pierre-Duplessix Olivier, Justome Vincent, Jacqueline Franck, Fiant Liliane, Françoise Sylvaine, Lampert Luis, Girard Floriane, Ropert Michel (2005). Réseau Hydrologique Littoral Normand (RHLN) : Rapport 2005 Cycles hydrobiologiques annuels 2001-2004, évaluation des niveaux trophiques et proposition de réseau hydrologique pérenne de suivi de la qualité des masses d'eau DCE. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00087/19785/>

Stavrakakis Christophe, Papin Mathias, Dupuy Béatrice, Riou Karen, Penisson Christian, Nourry Max, Hatt Philippe-Jacques, Palvadeau Hubert, Buchet Vincent, 2017. La désinfection de l'eau de mer – Etude des sous-produits de désinfection. Rapport d'étude.

**Sites internet :**

Portail des substances chimiques de l'Ineris :

- Monochloramine : <http://www.ineris.fr/substances/fr/substance/1254>
- Bromoforme : <http://www.ineris.fr/substances/fr/substance/532>
- Chloroforme : <http://www.ineris.fr/substances/fr/substance/650>
- Sodium bisulfate : <http://www.ineris.fr/substances/fr/substance/3249>

Fiche de sécurité Sodium bisulfite (mise à jour 05.2014)

<http://www.chimieplus.com/base/fichepdf/fds12124.pdf>

ECHA European chemicals agency - Sodium hydrogensulfite

<https://echa.europa.eu/fr/registration-dossier/-/registered-dossier/15334>