Ailes Marines S.A.S.
créée par

Le projet éolien en mer de la Baie de Saint-Brieuc

Complément n°1 à l'étude d'impact déposée le 23 octobre 2015 en Préfecture des Côtes-d'Armor

28 janvier 2016

Ailes Marines

Le présent document apporte des éléments de précisions complémentaires compris dans l'étude d'impact jointe aux dossiers de demande d'autorisation administrative pour l'implantation du parc éolien en mer de la Baie de Saint-Brieuc.

1. Question 1

Question de la Direction Départementale des Territoires et de la Mer

A la page 17 du dossier de demande d'autorisation au titre du domaine public maritime, est mentionné que « les câbles situés dans la partie nord du site seront majoritairement non ensouillés mais protégés (50 %) du linéaire), que les câbles localisés dans le sud-ouest de la zone seront majoritairement ensouillés entre 0,5 m et 1,5 m (30 % du linéaire) et que les câbles situés au sud et à l'est de la zone seront en grande partie ensouillés à 1,5 m (20 % du linéaire) ».

Il est demandé à Ailes Marines de reporter sur un plan au 1/400 000 les coordonnées géographiques en WGS 84 de chacune de ces trois zones.

Réponse d'Ailes Marines

Cette réponse reprend des éléments du paragraphe 3.3.2.1 du chapitre 1 (Description du projet) de l'étude d'impact (page 27) qu'elle précise.

Deux cartes reportant les différentes profondeurs d'ensouillage en fonction de leur localisation dans la zone de concession demandée, sont présentées en annexe du présent document. Ces cartes reprennent les éléments présentés au paragraphe 3.3.2.1 du chapitre 1 (Description du projet), en y ajoutant des explications concernant les hypothèses d'ensouillage. Ces cartes sont présentées aux échelles 1/400 000 et 1/100 000.

Les profondeurs d'ensouillage seront encore précisées suite aux campagnes de reconnaissances ultérieures, puis lors des études d'exécution des travaux par les entreprises qui en seront chargées. Le tracé précis des câbles et leur profondeur d'ensouillage seront ensuite vérifiés par une campagne géophysique post travaux.

Ce document et l'information qu'il contient sont la propriété d´Ailes Marines SAS. Il ne sera pas utilisé pour toute autre fin que celle pour laquelle il a été fourni. Droits d'auteur EOLE RES & IBERDROLA – Tous droits réservés. Ne pas divulguer sans autorisation.

2. Question 2

Question de la Direction Départementale des Territoires et de la Mer

Les travaux de dragage relèvent du régime de la déclaration au titre de la rubrique 4.1.3.0 (nomenclature « loi sur l'eau »). Leur conformité au regard des arrêtés ministériels de prescriptions générales associés doit être justifiée dans le dossier.

Réponse d'Ailes Marines

Les travaux du parc éolien en mer de la Baie de Saint-Brieuc comportent l'implantation des 64 fondations. Lors de ces travaux d'installation, des rejets vont être effectués dans le milieu maritime.

De première part, la conformité des travaux de dragage à l'arrêté du 9 août 2006 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, 3.2.1.0 et 4.1.3.0 de la nomenclature annexée à l'article R. 214-1 du code de l'environnement et ses compléments (arrêtés ministériels de prescriptions générales associés[1]) **est justifiée au paragraphe 1.2.2.3 du chapitre 2 (Etat initial) de l'étude d'impact (page 41)**.

En effet, la teneur des éléments analysés dans les sédiments ne dépasse pas les niveaux de seuil N1 fixés dans cet arrêté. **Les travaux prévus dans le cadre du projet relèvent donc bien du régime de déclaration au titre de la rubrique 4.1.3.0.**

[1] Voici les arrêtés ministériels d'application de la rubrique 4.1.3.0 nomenclature IOTA :
Arrêté du 17 juillet 2014 modifiant l'arrêté du 9 août 2006 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, 3.2.1.0 et 4.1.3.0 de la nomenclature annexée à l'article R. 214-1 du Code de l'environnement.
http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000029298820&categorieLien=id
Arrêté du 8 février 2013 complémentaire à l'arrêté du 9 août 2006 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, 3.2.1.0 et 4.1.3.0 de la nomenclature annexée à l'article R. 214-1 du Code de l'environnement.
http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000027097334&categorieLien=id
Arrêté du 23 décembre 2009 complétant l'arrêté du 9 août 2006 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, 3.2.1.0 et 4.1.3.0 de la nomenclature annexée à l'article R. 214-1 du Code de l'environnement.
http://legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000021683071&fastPos=5&fastReqId=379497518&categorieLien=id&oldAction=rechTexte
Arrêté du 9 août 2006 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 à l'article R. 214-1 du Code de l'environnement.
http://legifrance.gouv.fr/affichTexteArticle.do;jsessionid=81FDE7C926900619EC5562E2F803C50E.tpdila12v_3?cidTexte=JORFTEXT000000423497&idArticle=LEGIARTI000029301894&dateTexte=20151202&categorieLien=id#LEGIARTI000029301894

Ce document et l'information qu'il contient sont la propriété d´Ailes Marines SAS. Il ne sera pas utilisé pour toute autre fin que celle pour laquelle il a été fourni. Droits d'auteur EOLE RES & IBERDROLA – Tous droits réservés. Ne pas divulguer sans autorisation.

<u>De seconde part</u>, les travaux d'installation des pieux prévus prennent bien en considération les prescriptions générales fixées par l'arrêté du 23 février 2001 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.

Conformément au chapitre II « dispositions techniques spécifiques », il peut être noté que :

- la zone de rejet a été définie de manière à ne pas entraîner de dégradation durable sur les espèces protégées et leurs habitats (article 4 dudit arrêté). De plus elle se situe à plus de 16 km des côtes et donc de la zone de baignade et de loisirs, des activités conchylicoles ou de cultures marines ; la zone de pêche ne sera que faiblement impactée ainsi qu'éventuellement la navigation ;
- La qualité des eaux nécessaires aux usages susvisés ne sera donc pas altérée durablement (article 5 dudit arrêté) comme le montre l'étude Actimar annexée à l'étude d'impact.
- Par ailleurs, cette étude montre ainsi que la qualité des eaux dans le champ proche du rejet ne porte pas atteinte à la vie des populations piscicoles (article 8 dudit arrêté) ;
- Ailes Marines tiendra informée les services compétents et notamment le service chargé de la police de l'eau des mesures prises en cas d'incident conformément à ce qui est décrit au paragraphe 2.2.4 du chapitre 7 (Analyse des mesures) de l'étude d'impact (page 67). (article 10 dudit arrêté)
- Par les nombreux suivis mis en place par Ailes Marines pour la réalisation des travaux d'installation, les dispositions de la section 3 du chapitre II dudit arrêté seront ainsi respectées.

En conséquence, notre dossier est conforme à ce qui est exigé par la réglementation.

Ce document et l'information qu'il contient sont la propriété d´Ailes Marines SAS. Il ne sera pas utilisé pour toute autre fin que celle pour laquelle il a été fourni. Droits d'auteur EOLE RES & IBERDROLA – Tous droits réservés. Ne pas divulguer sans autorisation.

3. Question 3

Question de la Direction Départementale des Territoires et de la Mer

La gestion des débris ou déchets découverts lors de la phase d'ensouillement des câbles doit être présentée.

Réponse d'Ailes Marines

Cette réponse vient en complément du paragraphe 1.1.9.4.1 du chapitre 7 (Analyse des mesures) de l'étude d'impact (page 20).

Les éventuels débris ou déchets découverts lors de l´ensouillage des câbles seront récupérés à bord des navires spécialisés en charge des opérations d'ensouillage. Tout comme pour les autres déchets produits lors de la phase de construction, les débris remontés à bord des différents navires seront triés, stockés puis évacués vers une filière de retraitement ou de stockage appropriée selon le type de déchet remonté.

4. Question 4

Question de la Direction Départementale des Territoires et de la Mer

L'évaluation de la perte d'espèces sur les sites de pêche, notamment dans les gisements naturels de coquilles Saint-Jacques doit être présentée (destruction par l'occupation du sol ou par les différentes phases de travaux, et inaccessibilité de certaines zones de pêche durant l'exploitation du parc).

Réponse d'Ailes Marines

L'évaluation de la perte d'espèces sur les sites de pêche fait l'objet de développements au paragraphe 4.5 du chapitre 3 (Analyse des effets – partie exploitation) de l'étude d'impact (page 523).

Pour mémoire, le projet du parc éolien en mer de la Baie de Saint-Brieuc se situe dans son intégralité dans le gisement classé de la baie de Saint-Brieuc pour la coquille Saint-Jacques (gisement secondaire plus précisément). La surface totale du gisement classé de la baie est égale à 2 504 km².

Comme précisé dans le chapitre 2.4.2.1 (partie construction) du chapitre 3 de l'étude d'impact (Analyse des effets), la destruction et la perte d'habitat sur le gisement classé de coquilles Saint-Jacques liés à la présence de la zone de construction proviendront de l'emprise au sol des pieux, des fondations et, le cas échéant, de leur protection, de l'ancrage des navires, des gabarits, de l'ensouillage et de la protection des câbles. La surface totale de contact au sol pour ces opérations est estimée à 0,38 km². La perte totale de surface en phase de construction représente donc environ 0,015 % du gisement classé dans son ensemble.

Ce document et l'information qu'il contient sont la propriété d´Ailes Marines SAS. Il ne sera pas utilisé pour toute autre fin que celle pour laquelle il a été fourni. Droits d'auteur EOLE RES & IBERDROLA – Tous droits réservés. Ne pas divulguer sans autorisation.

En phase d'exploitation, la surface nette d'emprise du parc éolien correspond aux fondations et, le cas échéant, aux protections anti-affouillement, et aux enrochements de protection des câbles qui ne pourraient pas être ensouillés. Contrairement à ce qui est mentionné dans le tableau 108 (page 339) de ce même chapitre 3, la surface d'emprise des éléments constitutifs du parc éolien est estimée à environ 0,27 km², et non 0,3 km². Cette erreur ne modifie en rien l'analyse de l'impact. En effet, au regard de la surface totale du gisement classé de coquilles Saint-Jacques, l'occupation du parc éolien représente 0,01 % de cette surface.

Il est à noter qu'Ailes Marines propose des mesures de suivi sur la ressource halieutique qui sont développées au paragraphe 2.3.4 du chapitre 7 de l'étude d'impact (Analyse des mesures). De plus, comme précisé au paragraphe 1.3.2 du même chapitre 7, Ailes Marines envisage une compensation financière des armements de pêche, en phase de construction, après démonstration de leur perte de chiffre d'affaires et du report d'effort de pêche.

Ailes Marines est également en constante relation avec les instances de pêche professionnelle afin de réaliser une analyse plus poussée sur l'impact économique du projet à l'échelle des armements fréquentant la zone.

5. Question 5

Question de la Direction Départementale des Territoires et de la Mer

Durant les travaux d'ensouillage des câbles et d'installation des pieux des éoliennes, des mesures de suivi de la turbidité des eaux seront mises en œuvre ; il y a lieu de préciser les seuils d'alerte à partir desquels seront mises en place les mesures correctives ou de protection complémentaire visant à réduire les effets sur le milieu.

Réponse d'Ailes Marines

Pour mémoire, les suivis de la turbidité sont évoqués au paragraphe 2.2.4 du chapitre 7 (Analyse des mesures) de l'étude d'impact (page 67).

Les précisions suivantes peuvent être apportées.

Dans le cadre de la construction du parc éolien en mer de la Baie de Saint-Brieuc, Ailes Marines propose de réaliser un suivi de la turbidité pour évaluer l'ampleur et l'étendue du panache turbide lié aux opérations de forage des pieux, à l'aide de sondes multi-paramètres installées en différents points autour de la zone de travaux. Ce suivi sera réalisé selon un pas de temps régulier et transmis au service en charge du suivi environnemental via une connexion radio ou internet.

Il est prévu que ce suivi débute en amont des travaux afin d'avoir une valeur de référence avant le début du forage d'un pieu.

Ce document et l'information qu'il contient sont la propriété d´Ailes Marines SAS. Il ne sera pas utilisé pour toute autre fin que celle pour laquelle il a été fourni. Droits d'auteur EOLE RES & IBERDROLA – Tous droits réservés. Ne pas divulguer sans autorisation.

Le but de ce suivi est de comparer les données *in situ* et les résultats de la modélisation hydrosédimentaire réalisée dans le cadre de l'étude d'impact.

Il convient d'indiquer qu'il n'existe pas de valeur réglementaire de turbidité absolue et générale susceptible de représenter un seuil universel à ne pas dépasser lors de travaux en milieu marin, comme ceux induits par la construction d'un parc éolien.

Plusieurs référentiels existent. On peut citer par exemple :

- L'arrêté du 25 janvier 2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface ;
- Le rapport « SEQ Littoral » produit par l'Ifremer ;
- Le réseau Hydrologique du Littoral Normand ;
- Divers retours d'expérience tels que « Berr, 2008 ».

La valeur d'un seuil de turbidité qu'il conviendrait de ne pas dépasser est toute relative car dépendante fortement du contexte dans lequel se situe le projet (turbidité ambiante naturelle, nature des fonds, hydrodynamisme, contexte environnemental, contexte météorologique, etc.).

Comme indiqué, au paragraphe 2.2.1 du chapitre 7 (Analyse des mesures) de l'étude d'impact, Ailes Marines s'engage d'une part, à entamer des discussions avec le comité de suivi scientifique qui sera mis en place pour le projet, s'il s'avère que les résultats du suivi sont différents des résultats de la modélisation hydrosédimentaire réalisée dans le cadre de l'étude d'impact. D'autre part, en amont des travaux, Ailes Marines est également disposée à entamer des discussions avec les services de l'Etat en vue de définir des seuils en lien avec les conditions naturelles de la zone de travaux.

Ce document et l'information qu'il contient sont la propriété d´Ailes Marines SAS. Il ne sera pas utilisé pour toute autre fin que celle pour laquelle il a été fourni. Droits d'auteur EOLE RES & IBERDROLA – Tous droits réservés. Ne pas divulguer sans autorisation.

6. Question 6

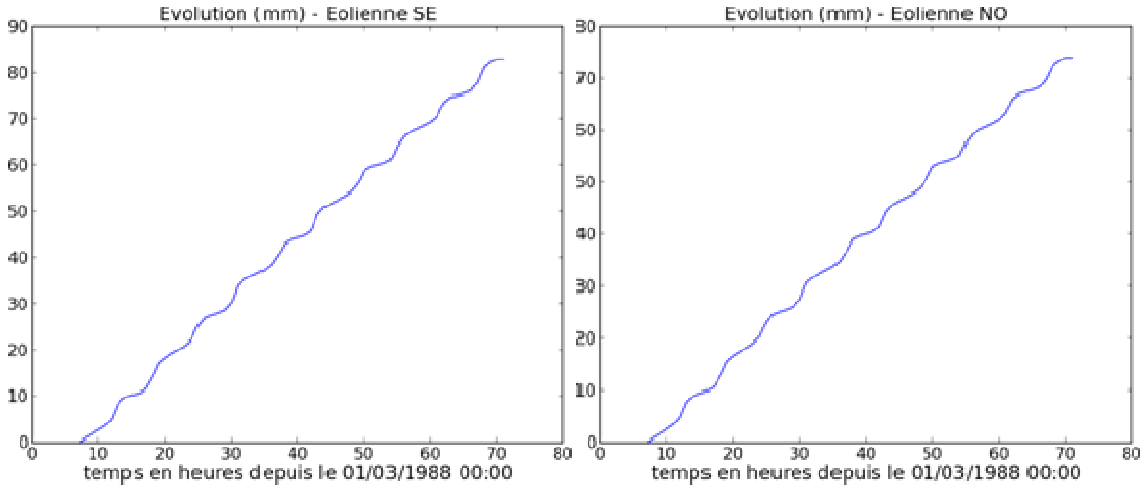
Question de la Direction Départementale des Territoires et de la Mer

Lors de l'implantation des pieux des éoliennes, les dépôts moyens de sédiments sont évalués à moins de 1 mm d'épaisseur sur un rayon de 1 km. Le dépôt maximal, au plus proche des pieux et travaux, susceptible d'engendrer notamment un colmatage des fonds n'est pas spécifiquement appréhendé et doit être détaillé (surface de la zone impactée, épaisseur maximale de dépôts, etc.).

Réponse d'Ailes Marines

Cette réponse vient en complément des paragraphes 1.2.2. et 1.2.3 du chapitre 3 (Analyse des effets – partie construction) de l'étude d'impact (page 40) et reprend l'annexe 3 de l'étude d'impact.

D'après la modélisation hydrosédimentaire réalisée par le bureau d'études Actimar en 2015 et présentée en Annexe 3 de l'étude d'impact, les résultats indiquent que les sédiments grossiers (1 mm) issus du forage se déposent à proximité de la localisation du rejet car leur vitesse de chute qui gouverne leur mouvement est très élevée. Le dépôt peut atteindre quelques centimètres au niveau du rejet (Cf. Figures ci-dessous) mais ne dépasse pas 1 millimètre à quelques centaines de mètres du rejet.

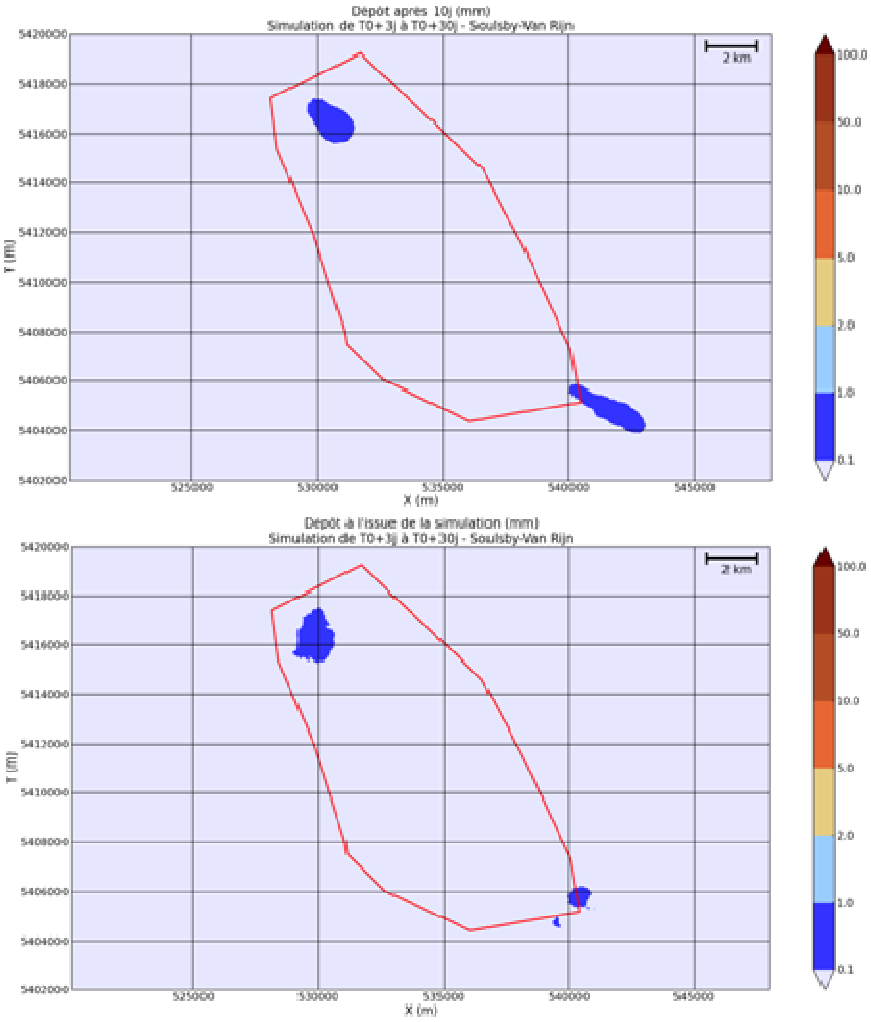


Evolution du dépôt de sédiments au point de rejet sur la durée du forage (Actimar, 2015)

Dans un second temps, ces sédiments grossiers se dispersent principalement sous l'effet des courants puis par les vagues.

Après 10 jours (Figure ci-dessous), il reste encore des dépôts de l'ordre de 5 cm au pied de chaque forage, mais après 30 jours (Figure ci-dessous), tous les dépôts prédits sont inférieurs à 1 mm, l'extension spatiale du dépôt est de l'ordre de 2 km.

Ce document et l'information qu'il contient sont la propriété d´Ailes Marines SAS. Il ne sera pas utilisé pour toute autre fin que celle pour laquelle il a été fourni. Droits d'auteur EOLE RES & IBERDROLA – Tous droits réservés. Ne pas divulguer sans autorisation.



Epaisseur du dépôt des sédiments grossiers 10 jours et 30 jours après la fin du forage (Actimar, 2015)

La modélisation hydrosédimentaire a également montré que les dépôts induits par les sédiments très fins ne sont pas significatifs étant donné leur caractère très volatile. Ils sont transportés sur de grandes distances et contribuent à un dépôt diffus indiscernable du dépôt naturel.

Ce document et l'information qu'il contient sont la propriété d´Ailes Marines SAS. Il ne sera pas utilisé pour toute autre fin que celle pour laquelle il a été fourni. Droits d'auteur EOLE RES & IBERDROLA – Tous droits réservés. Ne pas divulguer sans autorisation.

7. Question 7

Question de la Direction Départementale des Territoires et de la Mer

L*e battage des pieux constitue une source significative de bruit dont l'émergence est perceptible jusqu'à 100 kilomètres (données du dossier). L'impact sonore (calcul de l'émergence) de ces opérations pour les populations dont les résidences sont les plus proches du chantier doit être précisé.*

Question de l'Agence Régionale de la Santé

Concernant la pollution sonore, aucune analyse de bruit résiduel initial au niveau des riverains les plus proches ne figure au dossier, alors que la gêne s'exprime en émergence par rapport à ce bruit résiduel.

Réponse d'Ailes Marines

Pour mémoire, les éléments relatifs à ces questions sont étudiés au paragraphe 1.8 du chapitre 3 (Analyse des effets – partie construction) de l'étude d'impact (page 50).

Dans le cadre de la réalisation de l'étude d'impact, deux modélisations de la propagation du bruit ont été réalisées. La première, réalisée par le bureau d'études Setec, avait pour but de modéliser la propagation du bruit dans l'air. La seconde, réalisée par le bureau d'études Altran, avait pour but de modéliser la propagation du bruit dans l'eau. Ces deux études sont disponibles en intégralité en annexe 5 (Setec, 2015) et annexe 4 (Altran, 2015).

Il a été montré que, dans l'eau, durant la phase de battage de pieux, le bruit serait perceptible sur une distance de l'ordre d'une centaine de kilomètres.

Comme évoqué en page 50 de l'étude d'impact, la modélisation de propagation du bruit dans l'air a mis en évidence que les travaux de battage de pieux, source de bruit la plus importante durant la phase de construction, ne seraient audibles ni au niveau de la pointe d'Erquy, zone la plus proche du chantier, ni sur la côte sud-ouest de la baie de Saint-Brieuc qui se trouve sous les vents dominants de secteur nord-est.

Ce document et l'information qu'il contient sont la propriété d´Ailes Marines SAS. Il ne sera pas utilisé pour toute autre fin que celle pour laquelle il a été fourni. Droits d'auteur EOLE RES & IBERDROLA – Tous droits réservés. Ne pas divulguer sans autorisation.

8. Question 8

Question de la Direction Départementale des Territoires et de la Mer

Le rejet aqueux de la sous-station électrique, à une température d'environ +50°C, entraînera une élévation de la température, après dilution, d'environ +0,3°C. La température maximale atteinte à proximité immédiate du point de rejet, susceptible d'impacter directement la vie aquatique, n'est pas évaluée.

Réponse d'Ailes Marines

Cette réponse vient en complément du paragraphe 3.3.7 du chapitre 3 (Analyse des effets – partie exploitation) de l'étude d'impact (page 337).

L'impact du rejet d'eau chaude issu du refroidissement de la sous-station électrique en mer a fait l'objet d'une étude spécifique réalisée par le bureau d'études Actimar. Cette étude est présentée en annexe 7 de l'étude d'impact. La dispersion tridimensionnelle du rejet d'eau chaude a été modélisée, dans la colonne d'eau, selon différentes conditions représentatives du milieu, à savoir 3 conditions initiales de température (estivale, hivernale et de stratification). Le panache de température a été modélisé au cours d'un cycle de marée complet (15 jours) et est présenté en 3 niveaux verticaux : fond, profondeur moyenne et surface.

Les résultats obtenus indiquent qu'en période estivale comme en période hivernale, le panache de température de l'eau chaude est faible et principalement visible en surface. En effet, comme l'eau chaude est moins dense que l'eau de mer froide à son état initial, le panache d'eau chaude a tendance à rejoindre la surface puis à être déplacé par le courant de marée vers le nord-ouest et vers le sud-est (Actimar, 2014). Ceci indique que la colonne d'eau à l'aplomb du point de rejet n'est pas affectée par l'augmentation locale de la température, seules les masses d'eaux, situées au-dessus du point de rejet le sont. De plus, cette élévation locale de température est rapidement dissipée au regard des courants de surface, le gradient de température entre l'eau rejetée et l'eau de mer est rapidement lissé dans l'espace et ne persiste pas au-delà de 0,3°C à une centaine de mètres du point de rejet. Pour synthétiser, seule la masse d'eau située entre 0 et 3 mètres CM[2] circonscrite dans un rayon d'une centaine de mètres à l'aplomb du point de rejet d'eau chaude, subira une élévation mineure de sa température de l'ordre de 0,3°C.

Aucune espèce vagile n'a, bien évidemment, une aire de répartition aussi restreinte que celle-ci, ce qui fait que si cette espèce est dérangée par cette infime élévation de température, sa distribution sera quelque peu modifiée et elle évitera cette masse d'eau. Toutefois, il ne pourrait s'agir que d'espèces pélagiques qui ont des aires de répartition très larges et utilisent l'océan dans ses trois dimensions. Les espèces benthiques vivant à proximité immédiate avec le fond ne seront, de fait, pas affectées par cette élévation locale de température située dans les 3 premiers mètres de la colonne d'eau.

[2] Cote Marine

Ce document et l'information qu'il contient sont la propriété d´Ailes Marines SAS. Il ne sera pas utilisé pour toute autre fin que celle pour laquelle il a été fourni. Droits d'auteur EOLE RES & IBERDROLA – Tous droits réservés. Ne pas divulguer sans autorisation.

Les seules espèces concernées seraient donc les espèces sessiles présentes à proximité immédiate du point de rejet, il ne peut s'agir que de la faune colonisatrice de la fondation de la sous-station en mer, suite à « l'effet récif ». Différentes espèces étant susceptibles de se développer sur les fondations des éoliennes, Ailes Marines a décidé, à ce stade, de suivre les effets du refroidissement de la sous-station électrique en mer de deux manières distinctes sur deux cibles différentes :

- Le **suivi du milieu physique** : suivi de la température opéré à l'aide d'une sonde située à proximité du rejet pour s'assurer de la bonne concordance entre la modélisation réalisée et les mesures *in situ* ;
- Le **suivi du milieu biologique** : suivi de l'effet récif sur la fondation de la sous-station électrique (entre autres) située la plus proche du rejet. La diversité spécifique, l'abondance et la densité des individus et des espèces seront étudiées et comparées avec les autres fondations suivies (rôle de témoin). De plus, une attention particulière sera portée sur la recherche d'espèces non-natives.

9. Question 9

Question de la Direction Départementale des Territoires et de la Mer

Les localisations précises du point de prélèvement et du point de rejet, ainsi que leurs caractéristiques (mesures de protection, etc.) de la sous-station électrique doivent être présentées.

Réponse d'Ailes Marines

Cette réponse vient en complément au paragraphe 3.4.1 du chapitre 1 (Description du projet) de l'étude d'impact (page 31).

Dans le chapitre 1 de l'étude d'impact pour l'implantation du parc éolien en mer de la Baie de Saint-Brieuc, il est précisé que **le rejet s'effectuera à quelques mètres en dessous des Plus Basses Mers Astronomiques** (PBMA) et plus précisément à 3 mètres. Le débit moyen de rejet sera de 200 m^3/h à une température de 50°C.

Il est envisagé que **le prélèvement de l'eau se fasse à l'angle opposé du rejet, également sous la limite des Plus Basses Mers Astronomiques** (PBMA) afin de s'assurer d'un pompage en continu de l'eau de mer et de limiter l'aspiration de particules qui pourraient provoquer une abrasion des tuyaux. Une grille de protection sera disposée sur le tuyau de prélèvement afin d'éviter toute aspiration d'éléments grossiers qui pourraient endommager le système.

L'eau de mer pompée empruntera un circuit simple qui consiste en un passage dans un filtre puis par un échangeur (sans être mélangée à d'autres fluides). Elle est par la suite rejetée dans le milieu. Il est à noter qu'aucune substance chimique ne sera ajoutée à l'eau de mer pompée.

Ce document et l'information qu'il contient sont la propriété d´Ailes Marines SAS. Il ne sera pas utilisé pour toute autre fin que celle pour laquelle il a été fourni. Droits d'auteur EOLE RES & IBERDROLA – Tous droits réservés. Ne pas divulguer sans autorisation.

10. Question 10

Question de la Direction Départementale des Territoires et de la Mer

Le point de suivi des eaux défini par la directive cadre sur l'eau (point DCE), situé à quelques kilomètres du projet ne sera pas représentatif de la qualité des eaux de la zone d'implantation des éoliennes. Un nouveau point de suivi et de surveillance, situé au sein même du parc, doit être envisagé.

Réponse d'Ailes Marines

Cette réponse vient en complément au paragraphe 2.2.6 du chapitre 7 (Analyse des mesures) de l'étude d'impact (page 70).

Le parc éolien est situé au nord de la masse d'eau FRGC06 – Saint-Brieuc large. Il est à noter que cette masse d'eau, située au large, n'est pas surveillée dans le cadre du contrôle de surveillance de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE). Néanmoins, elle est qualifiée, à dire d'expert et à partir des observations réalisées sur les masses d'eau avoisinantes et de même type.

L'analyse de la qualité de l'eau, réalisée dans le cadre de l'étude d'impact, a montré que l'eau située sur le site du projet peut être classée en « *bon état global* ». Ailes Marines va poursuivre ce suivi de la qualité de l'eau tout au long de la durée de vie du parc éolien, de manière à s'assurer de l'innocuité de ce dernier sur l'environnement. Dans son étude d'impact (Chapitre 7 Analyse des mesures - page 70), Ailes Marines propose de suivre la qualité de l'eau au sein du parc, de manière à évaluer l'impact lié aux protections cathodiques par anodes sacrificielles (*i.e.* la dilution des métaux constitutifs). Ce suivi fera l'objet de deux points de prélèvements situés respectivement à 1 et 10 m d'une fondation située au centre du parc sans qu'elle soit définie à ce stade. **Ailes Marines propose que le point de prélèvement situé à 10 m de la fondation choisie soit mutualisé et serve également de référence à la qualité de l'eau du parc au regard des paramètres de mesures définis par la DCE.** Le choix de la fondation retenue sera précisé ultérieurement et pourra faire l'objet d'échanges avec le service responsable.

Ce document et l'information qu'il contient sont la propriété d´Ailes Marines SAS. Il ne sera pas utilisé pour toute autre fin que celle pour laquelle il a été fourni. Droits d'auteur EOLE RES & IBERDROLA – Tous droits réservés. Ne pas divulguer sans autorisation.

11. Question 11

Question de la Direction Départementale des Territoires et de la Mer

Les éoliennes renferment en grandes quantités, divers produits susceptibles de générer des dangers ou inconvénients pour le milieu marin. Or, elles ne disposent pas de dispositif de prévention des pollutions accidentelles. Les modalités de protection du milieu marin doivent donc être précisées.

Réponse d'Ailes Marines

Cette réponse vient en complément du paragraphe 3.2.3 du chapitre 1 (Description du projet) de l'étude d'impact (page 23).

Il est indiqué dans le chapitre 1 de l'étude d'impact que les éoliennes sont conçues de manière à éviter tout rejet dans l'environnement. **En effet, en cas de fuite à l'intérieur de l'éolienne, tous les fluides seraient retenus dans des cuves de rétention.**

En cas de fuite dans la nacelle ou le rotor, ces éléments sont conçus de manière à ce qu'ils puissent retenir les fluides à l'intérieur. En effet, si une fuite devait survenir dans l'un ou l'autre d'entre eux, les fluides seraient dirigés par gravité vers une zone éloignée de leur jointure.

Ainsi, le risque de pollution vers le milieu marin est maitrisé.

Ce document et l'information qu'il contient sont la propriété d´Ailes Marines SAS. Il ne sera pas utilisé pour toute autre fin que celle pour laquelle il a été fourni. Droits d'auteur EOLE RES & IBERDROLA – Tous droits réservés. Ne pas divulguer sans autorisation.

12. Question 12

Question de la Direction Départementale des Territoires et de la Mer

Les caractéristiques (puissance, niveau sonore, etc.) et les conditions de fonctionnement (durée, surveillance, émissions, etc.) du groupe électrogène de la sous-station électrique doivent être présentées.

Réponse d'Ailes Marines

Cette réponse précise le paragraphe 3.4.1 du chapitre 1 (Description du projet) de l'étude d'impact (page 31).

Les générateurs diesel de secours, ou groupes électrogènes, présents sur la sous-station électrique en mer sont conçus pour un démarrage automatique uniquement en cas de perte de la source d'alimentation principale. Ils s'arrêtent dès le retour de la source d'alimentation principale.

La puissance est d'environ 750 kVA et la tension de sortie est de 400 V. Il existe un système de surveillance et des alarmes associées qui se déclenchent dans de nombreuses situations (exemples : faible/très faible niveau de fuel dans le réservoir ; une faible pression d'huile ; un débordement, *etc.*).

Les générateurs diesel de secours sont placés sur des matériaux absorbant les vibrations dans une salle close, afin de limiter les émissions sonores.

Ce document et l'information qu'il contient sont la propriété d´Ailes Marines SAS. Il ne sera pas utilisé pour toute autre fin que celle pour laquelle il a été fourni. Droits d'auteur EOLE RES & IBERDROLA – Tous droits réservés. Ne pas divulguer sans autorisation.

13. Question 13

Question de la Direction Départementale des Territoires et de la Mer

Les fondations des éoliennes et de la sous-station électrique sont équipées de plusieurs anodes sacrificielles afin de prévenir les risques de corrosion.

Ces anodes, constituées essentiellement de zinc et d'aluminium seront progressivement dégradées, relarguant en permanence des résidus (déchets) dans les eaux et les sédiments.

Les accumulations de ces éléments dans les eaux et les sédiments (susceptibles d'être colonisés), doivent être prises en compte et évaluées tant durant la phase d'exploitation que lors du démantèlement des équipements du parc éolien.

Question de l'Agence Régionale de la Santé

Concernant la qualité des eaux, aucun élément permettant de juger des concentrations et dispersion de l'aluminium issu des anodes n'existe, tant dans l'eau que les sédiments.

Réponse d'Ailes Marines

Cette réponse vient en complément du paragraphe 1.6.2 du chapitre 3 (Analyse des effets – partie exploitation) de l'étude d'impact (page 300).

Ailes Marines a réalisé une note de calcul détaillée, annexée au présent document. , dont l'objectif est d'évaluer les concentrations en aluminium transféré au milieu marin par les anodes sacrificielles. Les calculs ont été effectués en raisonnant par ordres de grandeur, sur la base d'un modèle de dilution et d'hypothèses simplifiées mais conservatrices.

L'approche, enrichie de conclusions des différents projets de recherche et publications menées sur le sujet, permet de qualifier de négligeable le niveau d'impact attendu à la fois sur la qualité de l'eau et la faune locale.

Ce document et l'information qu'il contient sont la propriété d´Ailes Marines SAS. Il ne sera pas utilisé pour toute autre fin que celle pour laquelle il a été fourni. Droits d'auteur EOLE RES & IBERDROLA – Tous droits réservés. Ne pas divulguer sans autorisation.

14. Question 14

Question de la Direction Départementale des Territoires et de la Mer

Les enrochements des câbles et des éoliennes (effets récifs) sont susceptibles d'être colonisés pendant la durée d'exploitation du parc par différentes espèces aquatiques qui devront être prises en considération en termes de protection et de sauvegarde des espèces lors du démantèlement des équipements.

Réponse d'Ailes Marines

Cette réponse vient en complément du paragraphe 2.3 du chapitre 3 (Analyse des effets – partie démantèlement) de l'étude d'impact (page 583).

L'étude d'impact indique (Chapitre 1– Description du projet, page 83) qu'à l'issue de la phase d'exploitation du parc éolien, l'intégralité des aménagements seront démantelés, dans la mesure où cela est possible techniquement (les pieux des fondations ne pouvant être enlevés de la roche mère, par exemple).

L'étude d'impact s'est donc attachée à évaluer les impacts du démantèlement quasi intégral des éléments du parc sur l'environnement, après avoir évalué ceux de la phase de construction et d'exploitation du parc éolien.

Néanmoins, aucun parc éolien en mer n'étant arrivé en fin d'exploitation et de ce fait, n'ayant été démantelé à ce jour, les techniques et les moyens à la mer sont susceptibles d'évoluer et les modalités de démantèlement du parc éolien seront inévitablement à actualiser et à préciser par la suite. Ainsi, **conformément au cahier des charges de l'appel d'offres, il est prévu que, deux ans avant la fin de la concession d´Occupation du Domaine Public Maritime, une étude portant sur l'optimisation des conditions de démantèlement et de la remise en état du site soit menée. Cette dernière s'attachera à prendre en compte les enjeux liés à l'environnement, notamment au regard des espèces ayant effectivement colonisé les équipements sous l'action de « l'effet récif », aux usages et à la sécurité maritime.**

Ce document et l'information qu'il contient sont la propriété d´Ailes Marines SAS. Il ne sera pas utilisé pour toute autre fin que celle pour laquelle il a été fourni. Droits d'auteur EOLE RES & IBERDROLA – Tous droits réservés. Ne pas divulguer sans autorisation.

15. Question 15

Question de la Direction Départementale des Territoires et de la Mer

Le sciage des pieux lors des opérations de démantèlement, est susceptible de générer des limailles qui se retrouveront sur et dans les sédiments. La densité et la répartition de ces limailles aux abords immédiats des pieux, ainsi que leur impact sur les espèces aquatiques vivantes présentes à proximité, doivent être pris en considération.

Réponse d'Ailes Marines

Cette réponse précise le paragraphe 2 du chapitre 3 (Analyse des effets – partie démantèlement) de l'étude d'impact (page 574).

Ailes Marines indique dans le Chapitre 1 de l'étude d'impact – Description du projet, en page 83 – qu'à l'issue de la phase d'exploitation du parc éolien, l'intégralité des aménagements seront démantelés, dans la mesure où cela est possible techniquement (les pieux des fondations ne pouvant être enlevés de la roche mère, par exemple).

L'étude d'impact, conçue selon cette philosophie, s'est donc attachée à évaluer les impacts du démantèlement quasi intégral des éléments du parc sur l'environnement, après avoir évalué ceux de la phase de construction et d'exploitation du parc éolien.

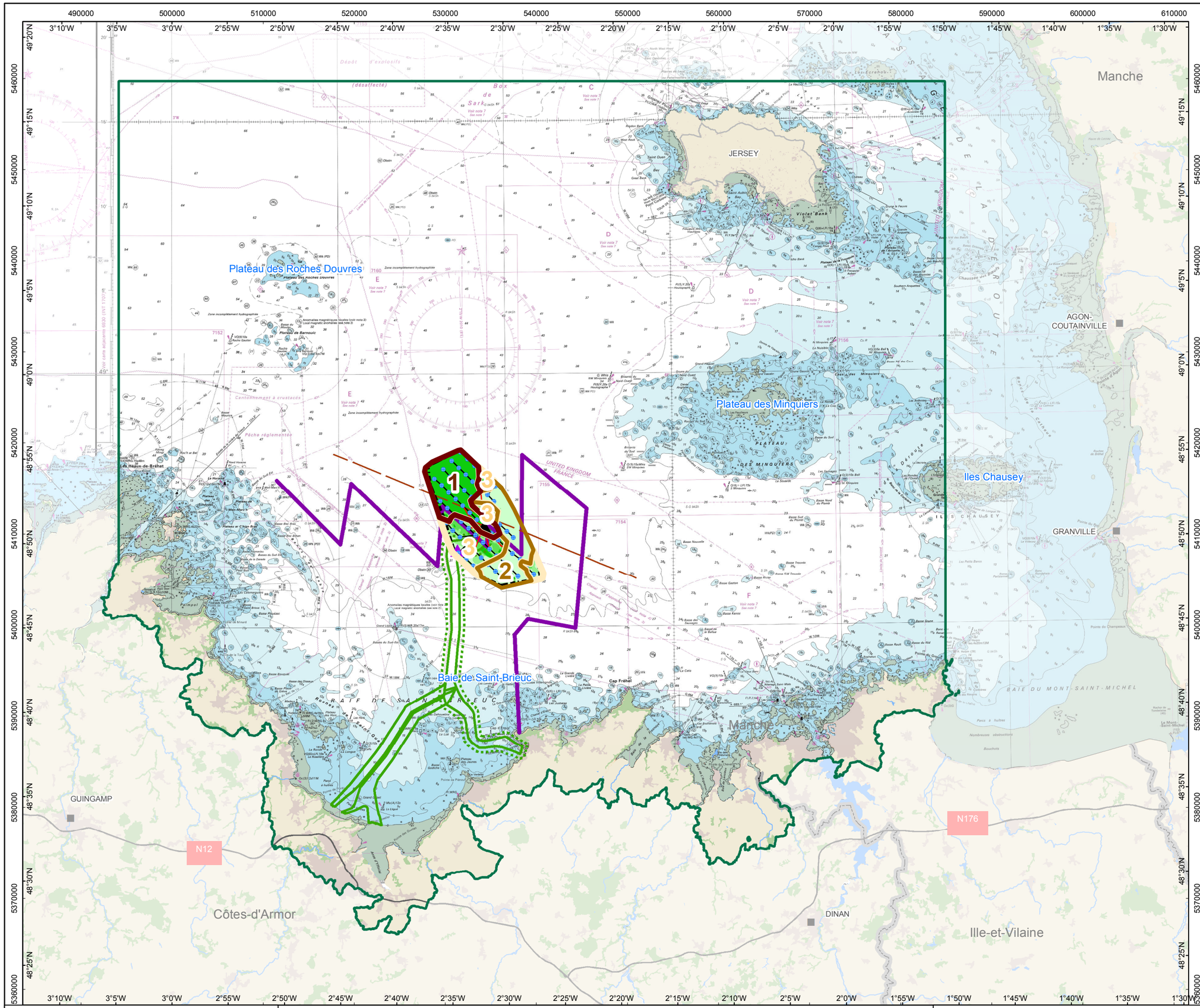
Néanmoins, aucun parc éolien en mer n'étant arrivé en fin d'exploitation et de ce fait, n'ayant été démantelé à ce jour, les techniques et les moyens à la mer étant susceptibles d'évoluer, les modalités de démantèlement du parc éolien seront à affiner par la suite. Ainsi, **il est prévu que, deux ans avant la fin de la concession d´Occupation du Domaine Public Maritime, une étude portant sur l'optimisation des conditions de démantèlement et de la remise en état du site soit menée. Cette dernière s'attachera à prendre en compte les enjeux liés à l'environnement, notamment au regard des espèces aquatiques présentes sur la zone du parc éolien et les potentiels effets que pourraient avoir les limailles sur celles-ci.**

Ce document et l'information qu'il contient sont la propriété d´Ailes Marines SAS. Il ne sera pas utilisé pour toute autre fin que celle pour laquelle il a été fourni. Droits d'auteur EOLE RES & IBERDROLA – Tous droits réservés. Ne pas divulguer sans autorisation.

16. Annexe

1- Plan des zones d'ensouillage
2- Note sur les anodes sacrificielles

Ce document et l'information qu'il contient sont la propriété d´Ailes Marines SAS. Il ne sera pas utilisé pour toute autre fin que celle pour laquelle il a été fourni. Droits d'auteur EOLE RES & IBERDROLA – Tous droits réservés. Ne pas divulguer sans autorisation.



Epaisseur des sédiments (en m)

- <0.8
- 0.8 - 1.1
- 1.1 - 1.8
- >1.8

N

Eléments du parc

- Sous-station
- Eolienne
- Mât de mesure
- Zone potentielle d'implantation
- Câble collecteur
- Câble inter-éolienne
- Limite d'ensouillement des câbles définie dans l'appel d'offres
- Limite Bulot-Chalut

Zones d'ensouillage

- 1 Câbles majoritairement non ensouillés mais protégés
- 2 Câbles majoritairement ensouillés à 1.5m
- 3 Câbles majoritairement ensouillés entre 0.5m et 1.5m

Données RTE

- RTE Fuseau de Moindre Impact (Buffer 500m)
- RTE Couloir du câble export

L'implantation est susceptible d'être ajustée lorsque des nouvelles données géotechniques seront disponibles et en cas de découverte de nouvelles contraintes (géologique, munitions non explosées, environnement, ou toute autre contrainte)

0 5 10 15 20 25 KM

0 5 10 15 NM

VERS ISSUE	DATE DATE	PAR DWN	VERIFIE CHK	APP APR	COMMENTAIRES REVISION NOTES
01	26-01-16	ALB	SE	CPI	First issue

REF PLAN IMPLANT. LAYOUT DRAWING: 02814D0018-08

N° DE L'IMPLANT. LAYOUT No.: pFRAsbr076

REFERENCE DRAWING NUMBER: STB-DEV-D-AM-1614 Rev 0
02814D22126-01

DONNEES DATUM: WGS84

PROJECTION PROJECTION: UTM 30N

OBJECTIF PURPOSE: Demandes d'autorisations - Compléments

ECHELLE SCALE: 1:400 000

FORMAT ORIGINAL PAGE SIZE: A3

NOM DU PROJET PROJECT TITLE: SAINT-BRIEUC

TITRE DU PLAN DRAWING TITLE: Plan des zones d'ensouillage au 1/400 000e

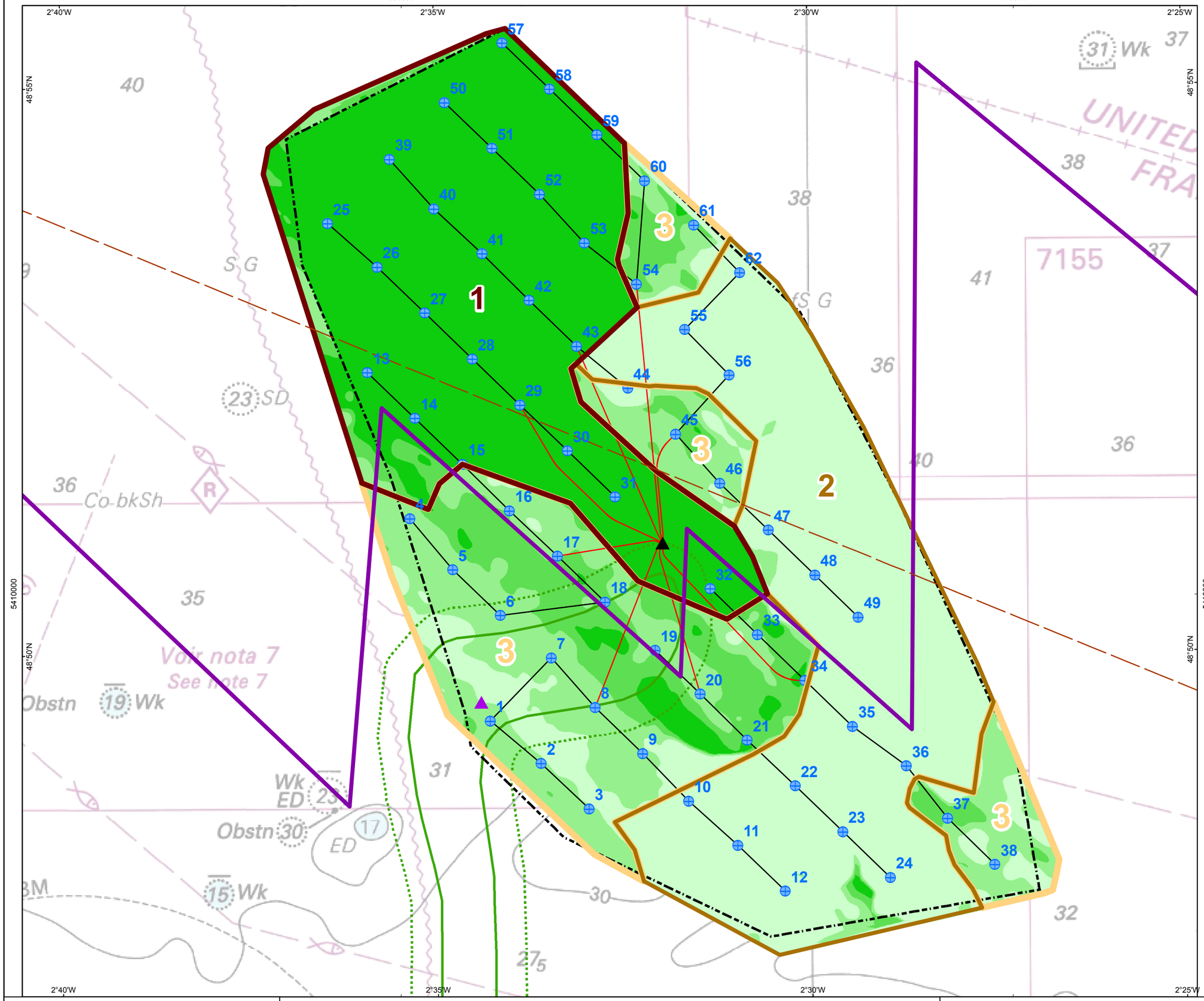
SHOM - 2012 - © - Reproduction interdite

CE PLAN EST LA PROPRIETE DE AILES MARINES S.A.S.
TOUTE REPRODUCTION SANS AUTORISATION EST INTERDITE.
THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF AILES MARINES AND
NO REPRODUCTION MAY BE MADE IN WHOLE OR IN PART WITHOUT PERMISSION.

Ailes Marines S.A.S
40-42 rue la Boetie
75008 Paris
Tel: +33 147041443
Fax: +33 147040713

Ailes Marines S.A.S
créée par
IBERDROLA
eole res

Cette carte a été créée en utilisant les données les plus récentes lors de sa publication. Contactez Ailes Marines pour obtenir les données actuelles.
This map was compiled using the most current data at the time of publication. Please contact Ailes Marines for the latest information.



Epaisseur des sédiments (en m)

- <0.8
- 0.8 - 1.1
- 1.1 - 1.8
- >1.8

N

Eléments du parc

- Sous-station
- Eolienne
- Mât de mesure
- Zone potentielle d'implantation
- Câble collecteur
- Câble inter-éolienne
- Limite d'ensouillement des câbles définie dans l'appel d'offres
- Limite Bulot-Chalut

Zones d'ensouillage

- 1 Câbles majoritairement non ensouillés mais protégés
- 2 Câbles majoritairement ensouillés à 1.5m
- 3 Câbles majoritairement ensouillés entre 0.5m et 1.5m

Données RTE

- RTE Fuseau de Moindre Impact (Buffer 500m)
- RTE Couloir du câble export

L'implantation est susceptible d'être ajustée lorsque des nouvelles données géotechniques seront disponibles et en cas de découverte de nouvelles contraintes (géologique, munitions non explosées, environnement, ou toute autre contrainte)

0 0.5 1 1.5 2 2.5 KM

0 0.5 1 1.5 NM

VERS ISSUE	DATE DATE	PAR DWN	VERIFIE CHK	APP APR	COMMENTAIRES REVISION NOTES
01	26-01-16	ALB	SE	CPI	First issue

REF PLAN IMPLANT. LAYOUT DRAWING	02814D0018-08	N° DE L'IMPLANT. LAYOUT No.	pFRAsbr076
REFERENCE DRAWING NUMBER	STB-DEV-D-AM-1613 Rev 0 02814D22125-01		
DONNEES DATUM	WGS84	PROJECTION PROJECTION	UTM 30N
OBJECTIF PURPOSE	Demandes d'autorisations - Compléments		
ECHELLE SCALE	1:60 000	FORMAT ORIGINAL PAGE SIZE	A3
NOM DU PROJET PROJECT TITLE	SAINT-BRIEUC		
TITRE DU PLAN DRAWING TITLE	Plan des zones d'ensouillage		

SHOM - 2012 - © - Reproduction interdite

CE PLAN EST LA PROPRIETE DE AILES MARINES S.A.S.
TOUTE REPRODUCTION SANS AUTORISATION EST INTERDITE.
THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF AILES MARINES AND
NO REPRODUCTION MAY BE MADE IN WHOLE OR IN PART WITHOUT PERMISSION.

Ailes Marines S.A.S
40-42 rue la Boetie
75008 Paris
Tel: +33 147041443
Fax: +33 147040713

Ailes Marines S.A.S
créée par
IBERDROLA
eole res

NOT TO BE USED FOR NAVIGATION

NE PAS UTILISER POUR LA NAVIGATION MARITIME

Cette carte a été créée en utilisant les données les plus récentes lors de sa publication. Contactez Ailes Marines pour obtenir les données actuelles.
This map was compiled using the most current data at the time of publication. Please contact Ailes Marines for the latest information.

Note relative à l'utilisation d'anodes sacrificielles – Parc éolien en mer au large de la Baie de Saint-Brieuc

I) Introduction

Les fondations des éoliennes, étant immergées et constituées d'acier, requièrent une protection cathodique de manière à éviter la corrosion de l'eau de mer. Il existe deux types de protection :

- La **protection cathodique galvanique,** système passif, nécessitant l'utilisation d'anodes galvaniques dites sacrificielles ;
- La **protection cathodique** par courant imposé, système actif, nécessitant l'utilisation d'un générateur de courant continu.

Ailes Marines a retenu, pour son projet, la protection cathodique par anodes sacrificielles plus fiable et effective dès la pose des fondations en mer. Les arguments justifiant ce choix sont détaillés dans le Chapitre 5 – *Esquisse des principales solutions de substitution examinées par le pétitionnaire ou le maître d'ouvrage et les raisons pour lesquelles, eu égard aux effets sur l'environnement ou la santé humaine*, le projet présenté a été retenu, de l'étude d'impact environnementale à la page 36.

II) Caractéristiques des anodes retenues

Les anodes seront disposées le long des fondations sur les parties immergées exclusivement. La quantité d'anode sacrificielle est dimensionnée de manière à permettre une dissolution sur toute la durée de vie du parc éolien, prévue pour 20 ans, ne nécessitant ainsi pas de renouvellement. La quantité maximale d'anode sur chaque fondation est estimée à 20 tonnes. On considère, que 10% de la masse initiale des anodes restera à l'issue de la phase d'exploitation du parc éolien.

Les anodes sacrificielles en alliage d'aluminium sont encadrées par la norme suivante « *NF EN 12496, Anodes galvaniques pour la protection cathodique dans l'eau de mer et les boues salines* » qui spécifie les exigences de qualité et recommande les compositions et caractéristiques électrochimiques. Elles sont généralement composées d'une majorité d'aluminium, d'environ 5% de zinc et moins de 0,3% pour les autres métaux constitutifs de l'alliage. A titre d'exemple, Pineau *et al*., 2011 indique la composition suivante pour les anodes sacrificielles en aluminium : 93,2% min., 2,5 à 6,5% de Zn, 0,13% de Fe et Si, 0,01% d'In et Mn, 0 ,006% de Cu.

Compte tenu de la composition largement dominée par l'aluminium, seul ce métal sera pris en compte dans la suite de l'étude, les autres métaux comptant comme quantité négligeable.

III) La décomposition des anodes sacrificielles du parc éolien dans l'eau de mer

L'oxydation des anodes entraine la diffusion des éléments métalliques constitutifs dans le milieu sous forme d'ions ou d'oxydes. La plupart de ces éléments qui se dissolvent en continu dans le milieu demeure attachée à la surface de l'anode sous forme oxydée, mais une partie est susceptible d'être transférée dans l'environnement, sous forme dissoute ou particulaire (Pineau *et al*., 2011).

Les métaux dissous dans l'eau, notamment ceux apportés ultérieurement par l'activité humaine, ont tendance à s'adsorber à la surface des particules en suspension. L'adsorption sur les particules dépend de la surface exposée et donc de la granulométrie du sédiment. Plus les particules sédimentaires sont petites et plus la surface de contact avec le milieu est importante. Les métaux s'adsorbent en particulier très facilement sur les argiles, très fines particules d'aluminosilicates. L'adsorption est également favorisée lorsque les concentrations en matière organique sont élevées (Le Goff *et al*., 2004). Il existe une corrélation inverse entre la teneur en éléments traces et le diamètre des particules composant le sédiment (fixation des métaux sur la fraction fine) (Marchand *et Al.*, 2004).

Les mesures réalisées dans le cadre de l'étude d'impact environnementale ont montré que la zone d'implantation du parc éolien est largement dominée par des sables graveleux avec une teneur moyenne en gravier, sable et vase de 65.9%, 31.2% et 2.9% respectivement (Actimar, 2015). La majorité des sédiments étant constituée de sables grossiers et de graviers de diamètre supérieur à 2 millimètres, on peut s'attendre à une adsorption très limitée des métaux dissous sur les matières en suspension. De plus, la courantologie locale sur site, induite par la marée astronomique de type semi-diurne, engendre des courants réguliers pouvant atteindre 1,6 m/s, qui ne sont pas propices à la sédimentation de matières en suspension (Actimar, 2015). Ceci étant, l'enfouissement permanent, de métaux provenant de la décomposition des anodes sacrificielles, dans les sédiments serait très faible au niveau de la zone d'implantation des éoliennes et limité dans les zones où la couche sédimentaire est la plus importante, c'est-à-dire à l'est et au sud de la zone.

A) L'aluminium dans le milieu naturel

L'aluminium est un des constituants majeurs de la croûte terrestre (8% en masse) et est donc très répandu dans l'ensemble des compartiments de l'environnement. Dans les sédiments marins, il est présent principalement sous la forme d'aluminosilicates. Dans les eaux, il est associé à des complexes inorganiques et organiques plus ou moins toxiques et de sa forme chimique dépend sa biodisponibilité (Pyrzynska *et al*.,1999). La chimie de l'aluminium dépend fortement du pH du milieu. Habituellement l'aluminium est très insoluble. Néanmoins, sa solubilité est significativement augmentée dans des conditions acides (pH < 6,0) ou basiques (pH > 8,0) (Scancar J., *et al*. 2006).

La concentration moyenne en aluminium dans l'eau de mer varie de 2 à 150 µg/L (0,07 à 5,5 µM) (Joyner, 1964). L'aluminium n'est pas inscrit dans la liste des substances prioritaires fixées par la Directive Cadre Eau (Directive 2008/56/CE), cependant des concentrations seuils ont été proposées par différentes autorités internationales, en particulier la gamme de concentrations comprise entre 5 et 100 µg/L (0.2–4 µM) d'aluminium soluble recommandée pour protéger la vie aquatique. Un décret français (Décret n°2001-1220) impose depuis 2001 une limite de 200 µg/L à la concentration maximale acceptable en aluminium dans l'eau du robinet (Pineau, 2011).

B) La dilution de l'aluminium issu des anodes

Afin de calculer la concentration théorique de l'aluminium dans l'eau de mer, issu de la décomposition des anodes sacrificielles du projet, un calcul de dilution basé sur des ordres de grandeur est réalisé. De manière à pouvoir quantifier la quantité d'aluminium dissout, tout en adoptant une approche conservative, les hypothèses suivantes ont été retenues :

- On considère que l'aluminium est exclusivement transféré à la colonne d'eau sous forme particulaire adsorbée sur de la matière en suspension ;
- On considère le taux de chute de ces matières en suspension comme nul ;
- On considère un volume de dilution fixe et dimensionné par le courant moyen de marée alors que la dilution s'opère en milieu ouvert ;
- Pour simplifier, on considère que seul le courant de marée influence la dynamique de la masse d'eau. ;
- On considère ce courant de marée théorique comme symétrique, c'est-à-dire que le flot est égal au jusant, linéaire sur toute la colonne d'eau.

Le parc éolien en mer de la Baie de Saint-Brieuc d'une superficie de 103 km², a une largeur de 9 kilomètres environ dans le sens sud-ouest/nord-est et une longueur d'environ 15 kilomètres dans le sens nord-ouest/sud-est.

Données d'entrées :

- Vitesse du courant de marée moyen : 0,67m/s ;
- Bathymétrie moyenne du volume de dilution : 35 mètres.

1) Calcul du volume de dilution

Le volume de dilution correspond au volume potentiel maximal dans lequel une particule d'aluminium adsorbée peut être transportée. Ce volume est dimensionné au regard d'un cycle de marée de 12 heures, 6h de flot et 6h de jusant.

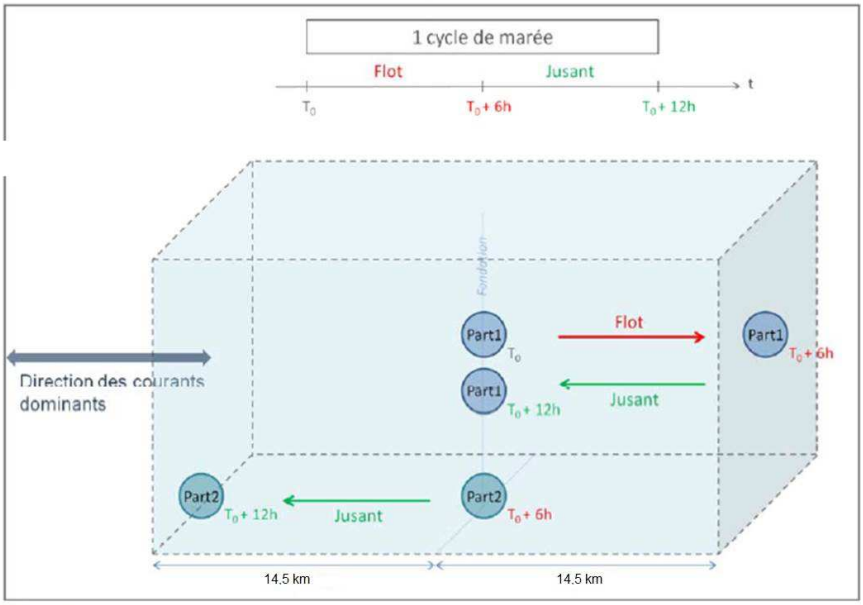
<u>Calcul de la distance maximale parcourue par une particule l'aluminium durant le flot (6h de temps)</u>

$$Distance_{(particule\ Al\ adsorbée)} = 0{,}67 \times 6 \times 3600$$

= 14 472 m

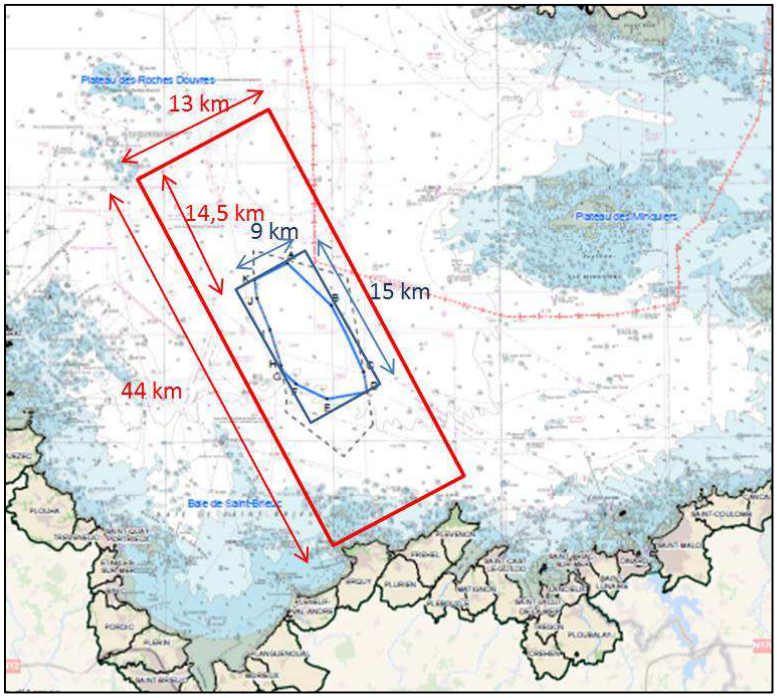
= 14,5 km

On considère une particule émise au centre du parc au temps T_0. Cette même particule parcourt 14,5 km de distance au maximum (direction sud/est) à l'issue de la période de flot à T_{0+6h}. Après 6h supplémentaires (T_{0+12h}), compte tenu du fait que l'on considère que le cycle de marée est symétrique, la même distance sera parcourue en sens inverse pendant le jusant et cette même particule sera revenue à son point initial. Toutefois, une autre particule relarguée à l'étale à T_{0+6h} au centre du parc aura parcouru symétriquement à la première une distance de 14,5 km en direction du nord/ouest à l'issue du jusant à T_{0+12h} (voir schéma EDF ci-dessous).



A l'échelle du parc éolien, la longueur du volume de dilution se décompose comme suit :
L = 15 + 2 x 14,5
L = 44 km

Cela correspond à une superficie de 572 km^2, pour une largeur de 2 km de part et d'autre du parc (soit 9 + 2x2 =13 km de largeur) (voir schéma ci-dessous)
Superficie = 44 x 13 = 572 km^2.



Calcul du volume de dilution

$$Vol_{dilution} = 44 \times 10^3 \times 13 \times 10^3 \times 35$$
$$= 20\ 10^9\ m^3$$
$$= 20\ 10^{12}\ L$$

Le volume de dilution est égal à 20 10^9 m^3 soit 20 10^{12} L.

2) Quantité d'aluminium transférée dans le milieu et concentration associée

2.1 - Quantité d'aluminium transférée dans le milieu

Récapitulatif :

- Masse initiale d'anode par fondation (M_0)
  M_0= 20 000 kg

- Masse finale d'anode par fondation (M_{20})
  M_{20} = 10% x M_0 = 2 000 kg

- Masse d'aluminium initiale par fondation (M_{Al_0})
  M_{Al0} = 95% x M_0 = 19 000 kg

- Masse d'aluminium finale par fondation ($M_{Al_{20}}$)
  $M_{Al_{20}}$ = 10% x M_{Al_0} = 1 900 kg

On obtient la quantité d'aluminium suivante transféré dans l'eau par fondation et par jour :

$$M_{(Al\ relargué)} = \frac{M_{Al0} - M_{Al20}}{20\ \times\ 365} = 2{,}48\ kg/jour/fondation$$

Au niveau du parc éolien (64 fondations), la quantité d'aluminium relarguée dans l'eau de mer sera, au maximum, de l'ordre de 160 kg/jour, avant tout phénomène de dilution, diffusion, transport et agitation.

A titre de comparaison, en considérant les teneurs en aluminium naturellement présent dans le milieu marin (comprises entre 2 et 150 µg/L), ce sont environ de 40 000 kg à 3 000 000 kg d'aluminium qui sont présent dans le volume de dilution défini précédemment.

La quantité d'aluminium émise par les anodes sacrificielles du parc reste donc très faible comparée à celle qui transite naturellement dans le volume de dilution considéré.

2.2 - Concentration en aluminium émis dans l'eau en 24h

En considérant le volume de dilution défini précédemment, on peut ainsi évaluer la concentration en aluminium relargué en 24h à l'échelle du parc :

$$[Al]_{24h} = \frac{Masse\ Al\ relargué\ en\ 24h}{Volume\ de\ dilution\ en\ 24h} = \frac{160}{20.10^{9}} = 8{,}0.10^{-9} kg/m^{3} = \ 8{,}0.10^{-9} g/L$$

Ainsi on obtient une concentration d'environ $8{,}0.10^{-9}$ g/L d'aluminium relargué dans ce volume de dilution sur une journée. Des hypothèses très conservatrices ayant été prises, il s'agit d'un ordre de grandeur qui surestime les concentrations d'aluminium à l'origine des anodes sacrificielles. En particulier, les effets de diffusion, d'agitation et de courantologie qui se produisent en milieu ouvert n'ont volontairement pas été pris en compte ici.

La comparaison de cette valeur de concentration d'aluminium relargué en 24h avec les teneurs naturelles en présentes dans le milieu marin est présentée dans le tableau suivant :

Concentration en aluminium [Al]	
[Al] naturelle dans le milieu marin	2 000. 10^{-9} g/L < [Al] < 150 000. 10^{-9} g/L
[Al] relarguée par le parc éolien en 24h	$8{,}0.10^{-9}$ g/L

La valeur calculée est très faible comparée à la quantité d'aluminium naturellement présente dans l'eau de mer (comprise entre 2 et 150 µg/L en moyenne), avec une différence d'un facteur variant de 250 à près de 20 000. La présence d'anodes sacrificielles n'aura donc pas d'influence sur la qualité des eaux.

C) L'aluminium transféré dans les sédiments

Dans le compartiment sédimentaire, l'aluminium est présent en grande quantité, sous forme de silicates essentiellement (non mobiles). Il constitue en effet entre 0,2 et 1% du sédiment grossier, et représente environ 10% des vases. A titre informatif, les analyses physico-chimiques menées dans le cadre de l'étude d'impact environnementale ont mesuré en moyenne 1,3 g d'aluminium par kg de sédiment sec.

Au cours d'un programme de recherche dirigé en 2009 par l'université de Caen et le laboratoire Corrodys, le transfert d'éléments métalliques d'anodes sacrificielles en aluminium et leur impact sur les organismes marins ont fait l'objet d'analyse. Des échantillons de sédiments ont été prélevés dans le port du Havre. Pour ce compartiment, un enrichissement en aluminium a été observé à moins de 20 m des anodes : les analyses ont révélé une spéciation inhabituelle de l'aluminium dans ces sédiments, avec une valeur augmentée de sa partie labile (Gabelle *et al*., 2012). L'étude conclut qu'il est néanmoins difficile de déterminer l'origine exacte de cet enrichissement, et que des recherches sur la spéciation de l'aluminium dans les sédiments doivent être poursuivies.

La zone d'implantation des éoliennes est majoritairement située sur des fonds gravelo-sableux, largement dominés par des graviers, de plus des affleurements rocheux sont présents dans la partie nord du site. Par ailleurs, le projet est situé dans un milieu ouvert avec une courantologie générale importante sur site, pouvant atteindre 1,6 m/s, la sédimentation est très peu probable et de ce fait le risque d'enfouissement de produits issus de la dégradation des anodes est négligeable.

IV) Les effets de l'aluminium sur les organismes marins

La conclusion précédente est concordante avec les quelques articles traitant de ce sujet, malgré le fait que peu d'études ont été réalisées sur l'impact potentiel de ces anodes sur l'environnement marin. Au cours du programme de recherche cité précédemment l'impact de l'aluminium issu des anodes sacrificielle a été analysé sur des moules, principale bio-indicateur utilisé pour déceler les pollutions marines, des larves d'huîtres et d'oursins.

Aucune différence significative de concentration n'a été détectée entre les prélèvements d'eau à proximité des anodes (à environ 3 m et 20 m) et les échantillons de référence pris à l'amont et à l'aval du port (Gabelle et al., 2012). Des essais de bioconcentration ont également été réalisés sur des moules *Mytilus edulis*, en reproduisant la dissolution d'une anode dans de l'eau de mer naturelle. Leurs résultats indiquent que l'aluminium est bioconcentré par les moules qui semblent mettre en place un processus de détoxification naturel (Mao et al., 2011). Enfin, des tests écotoxicologiques ont été effectués sur des larves d'oursin et d'huître afin d'évaluer la toxicité de l'aluminium de l'eau de mer. Ces tests n'ont indiqué aucune toxicité de l'aluminium sur le développement larvaire. La toxicité de l'aluminium issu des anodes du port s'est même avérée plus faible que celle de l'aluminium naturellement présent sous forme de sulfate. Cette observation tend à confirmer l'intérêt de l'utilisation d'anodes sacrificielles en aluminium comme technique de protection contre la corrosion, d'un point de vue environnemental (Caplat *et al*., 2010). Ce programme de recherche a donc montré que la dissolution des anodes n'avait pas d'impact sur la qualité des eaux marines du port étudié, et qu'elle n'engendrait a priori pas de surconcentration d'éléments métalliques dans les organismes vivants (Mao *et al*., 2011).

V) Mesures de suivi

A) Le suivi de la qualité de l'eau

De manière à s'assurer que le parc éolien n'engendre pas de surconcentration d'aluminium dans l'eau de mer, ou autre métal issu de la décomposition de ces anodes sacrificielles, Ailes Marines s'engage à mettre en œuvre un programme de suivi de la qualité des eaux au sein du parc. Pour cela, des prélèvements ponctuels seront donc effectués autour d'une fondation à deux distances différentes (1 mètre et 10 mètres).

Les mesures seront faites à une profondeur correspondant à la mi-hauteur des fondations, et en condition de mer « calme », pour permettre de disposer des mesures dans les conditions les plus conservatives.

Le suivi sera effectué à 7 reprises, après 1, 2, 3, 5, 10, 15 et 20 ans d'exploitation.

B) Le suivi des communautés benthiques

De même, de manière à s'assurer que la décomposition des anodes sacrificielles n'engendrera pas de modification des communautés benthiques, celles-ci feront l'objet de suivis réguliers à l'aide de différents engins d'échantillonnage adaptés à la nature du sol (benne et vidéo fixe). La faune supra benthique sera échantillonnée à l'aide d'une drague épibenthique. Des analyses physico-chimiques seront également effectuées sur chaque point de prélèvement à la benne afin de s'assurer de la bonne qualité physico-chimique des sédiments et de sa non contamination par les métaux issus des anodes sacrificielles.

VI) Références

Actimar, 2015. Projet éolien en mer de la Baie de Saint-Brieuc. Etude d'impact hydro-dynamique et sédimentaire. Rapport MOC-1080- FR.

EOC, 2014. Anodes sacrificielles – note de calcul. Mémoire en réponse à l'avis de l'Autorité environnementale. Eoliennes Offshore du Calvados. Annexe 1.17p.

Eolien Maritime France, 2015. Anodes sacrificielles – note de calcul. Mémoire en réponse à l'avis de l'Autorité environnementale. Parc éolien en mer de Saint-Nazaire. Annexe 1.14p.

Gabelle C., Baraud F., Biree L., Gouali S., Hamdoun H., Rousseau C., van Veen E., Leleyter L.. 2012. The impact of aluminium sacrificial anodes on the marine environment: A case study. Editions Elsevier, Applied Geochemistry 27 (2012), p.2088-2095.

J**oyner T., 1964**. The determination and distribution of particulate aluminum and iron in the coastal waters of the Pacific Nortwest, *J. Mar. Res*., 22, 259-268.

Mao A., Mahaut M-L., Pineau S., Barillier D., Caplat C. 2011. Assessment of sacrificial anode impact by aluminium accumulation in mussel *Mytilus edulis*: A large-scale laboratory test. Marine Pollution Bulletin 62 (2011), p.2707-2713.

Le Goff F., Bonnomet V., 2004. Devenir et comportement des métaux dans l'eau : biodisponibilité et modèles BLM. Rapport technique. MEDD. 85p

Marchand M., Tissier C., Tixier C., Tixier C., & Tronczynski J. 2004 Les contaminants chimiques dans la Directive Cadre sur l'Eau. Ifremer.

Pineau S., Mao A., Masson D., Crouzillac J., Caplat C., 2011. Transfert d'éléments constitutifs d'anodes sacrificielles Al-In ves l'environnement. 11p

K. Pyrzynska K, E. Bulska, S. Gucer, A. Hulanicki, 1999. Aluminium speciation in natural waters, *Chem. Anal*. (Warsaw), 44, 1-14.
Sancar J., Milacie R. 2006. Aluminium speciation in environmental samples: a review. Anal Bioanl Chem 386: 999–1012.