





# Cahier des expertises

## Volet Amandes de Mer

Avril 2017





 <p><b>BRL</b> Ingénierie</p>	<p><b>BRL ingénierie – coordinateur de l'étude d'impact</b> 1105 Av Pierre Mendès-France BP 94001 30001 NIMES CEDEX 5</p>
 <p><b>TBM</b> environnement 6, rue Ty Mad 56 400 AURAY 02 97 56 27 76</p>	<p><b>TBM environnement – Sous-traitant 1 – Coordinateur des études relatives à l'amande de mer.</b> 6 Rue Ty Mad, 56400 Auray</p>

# Sommaire

<b>1</b>	<b>OBJECTIFS DE L'ETUDE .....</b>	<b>5</b>
1.1	Présentation des objectifs de l'étude .....	6
<b>2</b>	<b>METHODOLOGIE .....</b>	<b>7</b>
2.1	Analyse des données bibliographiques .....	9
2.1.1	Présentation des aires d'études du parc éolien Dieppe Le Tréport.....	9
2.1.2	Présentation de la zone d'analyse bibliographique .....	10
2.1.3	Nature des données recensées.....	10
<b>3</b>	<b>CARACTERISATION DU GISEMENT AMANDES DE MER DE L'AIRE D'ETUDE IMMEDIATE D'APRES LA BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>11</b>
3.1	Données bibliographiques .....	13
3.1.1	Généralités sur les aires d'études.....	13
3.2	Données bibliographiques sur l'espèce amande de mer.....	13
3.2.1	Généralités.....	13
3.2.2	Biologie de l'amande de mer.....	15
3.3	Précision de la particularité de la zone du parc par rapport aux gisements d'amandes et les stocks de Manche.....	19
<b>4</b>	<b>EVALUATION DES IMPACTS SUR LE GISEMENT D'AMANDES DE MER ..</b>	<b>21</b>
4.1	Evaluation des niveaux d'impacts .....	22
4.2	L'effet attendu sur la surface du parc au niveau du gisement d'amandes de mer .....	22

# 1 Objectifs de l'étude



## 1.1 Présentation des objectifs de l'étude

Le bureau d'étude TBM environnement, membre du laboratoire international Benthic Biodiversity Ecology Sciences and Technologies (BeBEST), en partenariat avec des membres du laboratoire des sciences de l'environnement marin (LEMAR), UMR 6539 CNRS/UBO/IRD et le laboratoire Biologie des Organismes et Ecosystèmes Aquatiques (BOREA), UMR 7208 CNRS – UPMC – MNHN – IRD, TBM a été mandaté pour réaliser une étude bibliographique spécifique de synthèse et de réflexion sur l'amande de mer.

L'ensemble des données recensées sont issues de données bibliographie du bureau d'études TBM, de leur expertise sur le gisement de l'amande de mer ainsi que de données issues de l'expertise halieutique.

Le rapport d'expertise constitue un document complet et détaillé utilisé pour alimenter l'étude d'impact sur l'environnement.

Comme pour toutes les thématiques ciblées, les éléments fournis dans la version finale du rapport d'expertise permettront de se conformer au cadre réglementaire entourant la réalisation du projet de parc éolien en mer.

Les objectifs de cette étude sont les suivants :

- ▶ Caractériser le gisement d'amande de mer situé sur l'aire d'étude immédiate du parc éolien ;
- ▶ Évaluer les enjeux relatifs aux amandes de mer ;
- ▶ Apprécier les effets et impacts potentiels de la construction, l'exploitation et le démantèlement du parc éolien en mer sur les amandes de mer ;
- ▶ Elaborer et décrire des mesures d'évitement et de réduction d'impacts en adéquation avec les impacts identifiés ;
- ▶ Evaluer les impacts résiduels du parc éolien en mer, y compris les impacts cumulés ;
- ▶ Proposer, le cas échéant, des mesures de suivi de l'efficacité des mesures ainsi que des mesures de compensation.

## 2 Méthodologie







Ce chapitre présente les diverses méthodes de collecte de données analysées dans le cadre de l'étude. Elles relèvent de deux démarches complémentaires :

- ▮ La compilation et l'analyse de connaissances existantes et données disponibles (résultats de suivis scientifiques, de programmes de recherche, exploitation des bases de données associatives, etc.) ;
- ▮ L'acquisition de données de terrain lors d'expertises menées spécifiquement dans le cadre de l'étude. Dans le cadre de cette étude il s'agit d'acquisition en mer, aucun protocole n'a été mis en place à la côte.

## 2.1 Analyse des données bibliographiques

### 2.1.1 Présentation des aires d'études du parc éolien Dieppe Le Tréport

Plusieurs aires d'étude sont représentées,

Trois aires d'études ont été définies pour les études environnementales du projet : l'aire d'étude immédiate (qui inclue le projet de parc éolien en mer de Dieppe – Le Tréport), l'aire d'étude éloignée (qui couvre un périmètre de 35 km de rayon autour de l'aire d'étude immédiate) et l'aire d'étude large, qui s'étend à l'échelle de la Manche Orientale. Les aires d'étude éloignée et large font plus particulièrement l'objet d'une étude bibliographique, détaillée dans le chapitre 3 de la présente étude.

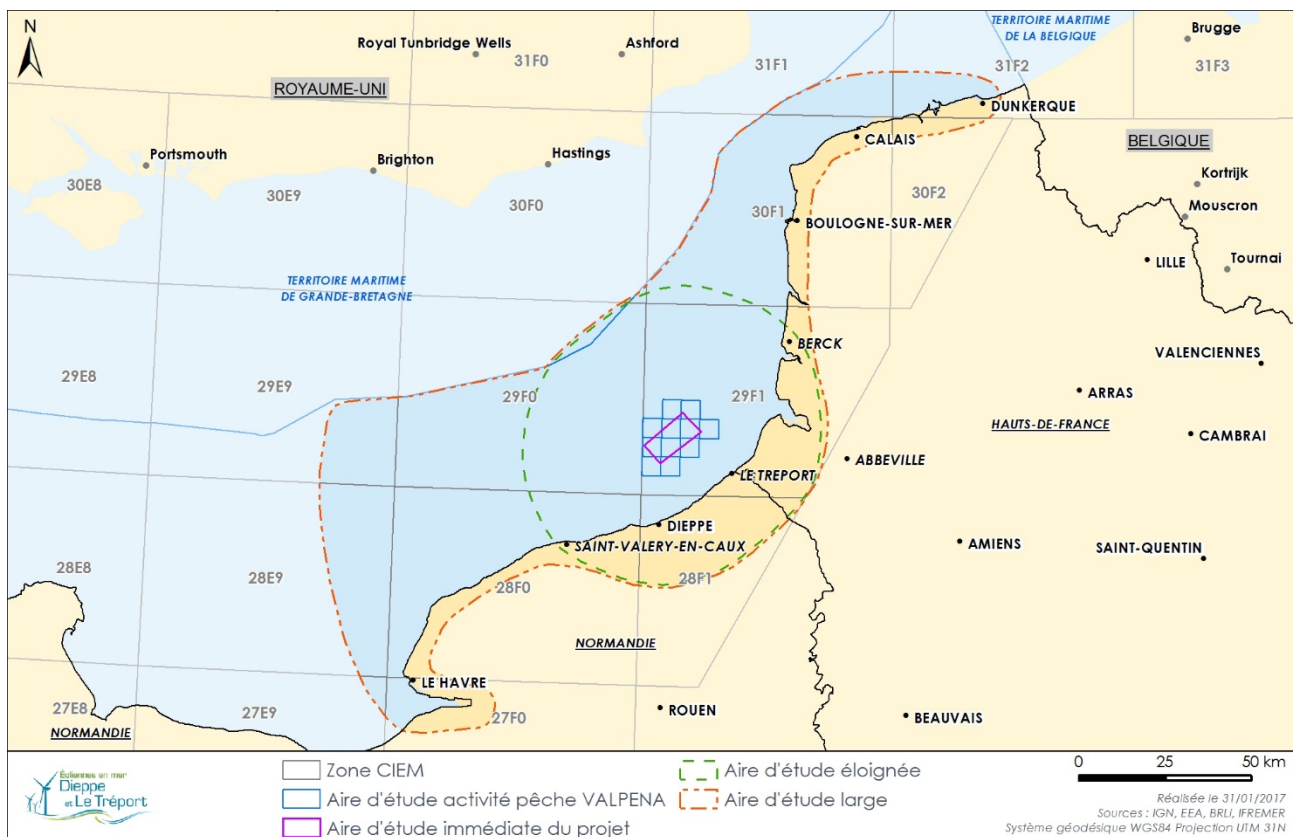


Figure 1 : Localisation des aires d'étude

## 2.1.2 Présentation de la zone d'analyse bibliographique

La zone d'analyse bibliographique s'étend sur l'ensemble de l'aire d'étude immédiate qui inclue le projet de parc éolien en mer de Dieppe – Le Tréport, aire même où se localise le gisement d'amandes de mer connu classé.

## 2.1.3 Nature des données recensées

L'ensemble des données recensées sont issues de données bibliographie du bureau d'études TBM, de leur expertise sur le gisement de l'amande de mer ainsi que de données issues de l'expertise halieutique. L'expertise halieutique s'inscrit dans le cadre de la Cellule de Suivi du Littoral Normand qui a été missionnée pour réaliser l'état initial de la ressource halieutique sur la zone du projet de parc éolien en mer Dieppe – Le Tréport. Cette étude qui s'intéresse aux poissons, céphalopodes, crustacés, mollusques et invertébrés benthiques, halieutiques ou non. L'objectif général de cette étude est de fournir les éléments nécessaires à l'évaluation de l'état initial de la ressource halieutique tant pour la production des dossiers réglementaires (étude d'impact sur l'environnement, dossier de demande de concession d'utilisation du domaine public maritime (DPM) et dossier Loi sur l'Eau) nécessaire à la délivrance des autorisations que pour la réalisation des différentes études attendues par les services de l'Etat conformément au cahier des charges de l'appel d'offres<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Appel d'offres n°2013/S054-088441 du 16 mars 2013

# 3 Caractérisation du gisement Amandes de Mer de l'aire d'étude immédiate d'après la bibliographie





## 3.1 Données bibliographiques

### 3.1.1 Généralités sur les aires d'études

Située en Europe du Nord, dans la zone Atlantique Est, la Manche est considérée comme une mer épicontinentale semi-fermée (Figure 1). Elle constitue un corridor de 500 km de long entre le Royaume-Uni et la France. D'une largeur maximale de 250 Km à l'ouest, elle s'étrécit jusqu'au détroit du Pas de Calais (35 km de large, Jouanneau, 2013). Elle y rejoint la mer du Nord, assurant ainsi une transition écologique entre les régions tempérées et boréales (Sanvicente-Añorve *et al.*, 2002). La Manche est une mer macro-tidale, à marée semi-diurne dont le marnage varie fortement en fonction de la zone. Il compte localement parmi les plus forts marnages au monde avec jusqu'à 12 m en baie du Mont Saint Michel, et dépasse 8 m en baie de Somme. Globalement peu profonde (de 172 m à l'ouest à 40 m à l'est), la Manche est caractérisée par des courants assez forts, dont la résultante génère globalement un déplacement des eaux de l'ouest vers l'est (Salomon et Breton, 1993). Ces courants de marée sont ainsi la principale force structurante de la nature des fonds (Reynaud *et al.*, 2003).

Bien que supportant un des plus importants trafics maritimes au monde (20 % du trafic mondial passent par le détroit du Pas de Calais, soit 700 à 800 navires par jour Bahé, 2008), ainsi que de nombreuses activités anthropiques (pêches, installation de centrales nucléaires, EMR, exploitation de granulats, dragages, etc...), la Manche abrite une biodiversité élevée.

L'aire d'étude large s'étend de la partie orientale de la baie de Seine jusqu'au détroit du Pas de Calais, de la côte à la limite de la Zone Economique Exclusive (ZEE; Figure 1).

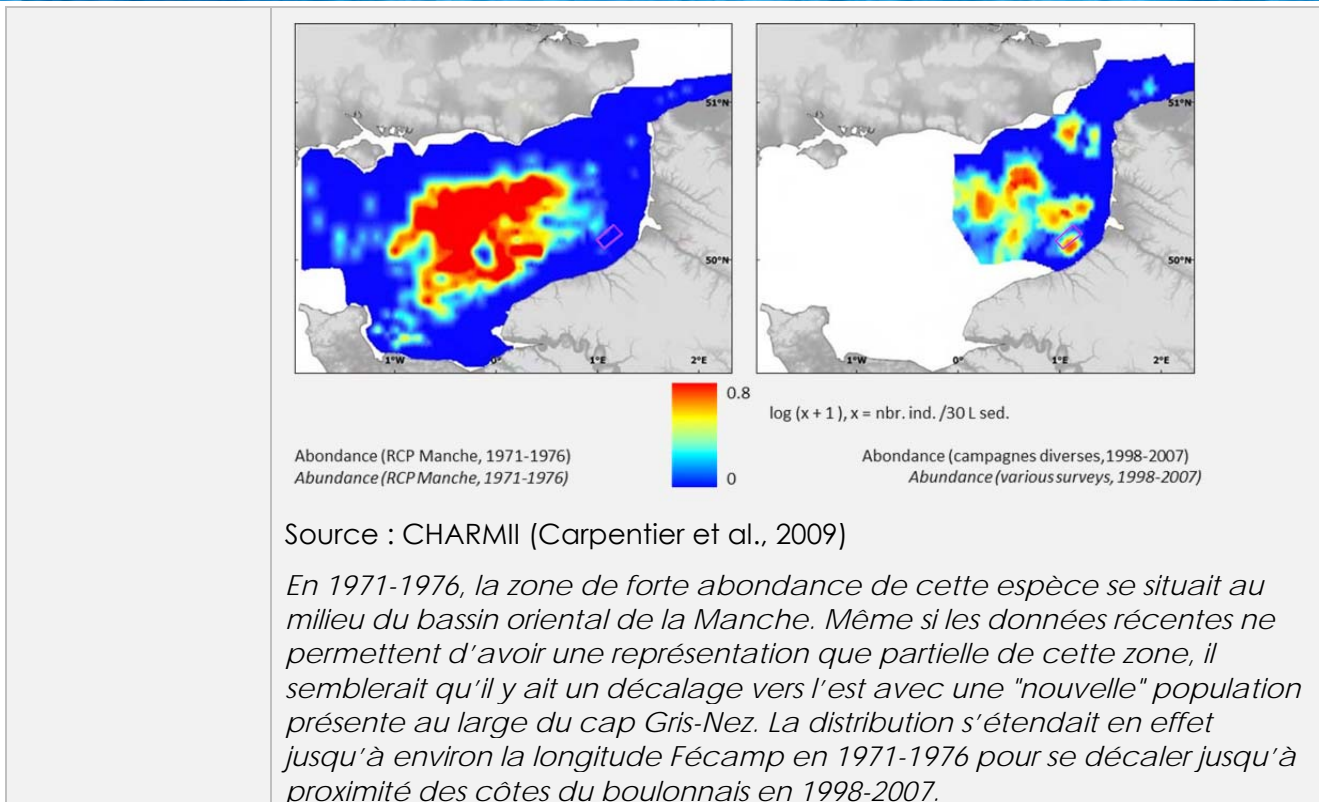
## 3.2 Données bibliographiques sur l'espèce amande de mer

### 3.2.1 Généralités

L'amande de mer *Glycymeris glycymeris* (Linnaeus, 1758) ou amande commune d'Europe fait partie de l'embranchement des mollusques, de la classe des bivalves, de l'ordre des filibranches, et de la famille des Glycymeridae. Sa coquille épaisse est composée de deux valves calcaires identiques et quasiment rondes, de couleur blanche ou crème, ornées de stries en zigzag de couleur brun foncé ou ocre rouge, et recouvertes d'une couche de periostracum (couche extérieure de la coquille). Sa coquille peut atteindre une longueur maximale de 8 cm mais la moyenne est d'environ 4-6 cm de longueur.

<p>AMANDE DE MER (<i>GLYCYMERIS GLYCYMERIS</i>)</p>	
<p>REFERENCES</p>	<p>Quéro <i>et al.</i>, 1998 ; Savina, 2004 ; Carpentier <i>et al.</i>, 2009</p>
<p>COMPORTEMENT</p>	<p>Espèce benthique peu mobile horizontalement au stade adulte mais à forte capacité de réenfouissement</p>
<p>BIOTOPE</p>	<p>Infralittoral et jusqu'à une centaine de mètres de profondeur. Elle fréquente les fonds de graviers, sablo-vaseux et coquilliers à <i>Branchistoma lanceolatum</i>.</p>
<p>REPRODUCTION ET RECRUTEMENT</p>	<p>Espèce se reproduisant toute l'année avec des pics d'abondance au printemps et en fin d'été. La larve véligère de cette espèce reste pélagique durant 3 à 4 semaines.</p>
<p>REGIME ALIMENTAIRE</p>	<p>Espèce de type suspensivore filtreur</p>
<p>STATUT</p>	<p>Espèce d'intérêt commercial</p>
<p>INFORMATIONS RELATIVES A L'AIRES D'ETUDE ELOIGNEE</p>	<p>Espèce présente. Présence d'un gisement naturel d'amandes de mer classé au large du Tréport (arrêté n°105/2013 du 27 août 2013). Ce gisement représente une surface totale d'environ 122,3 km<sup>2</sup> à cheval sur l'AEI. La partie au sein de l'AEI représente environ 34% de la surface de l'AEI et 30,5% du gisement est situé sur l'AEI soit 37,4 km<sup>2</sup>.</p> <p>Source : CRPMEM HN</p>





### 3.2.2 Biologie de l'amande de mer

L'amande de mer est un organisme fouisseur dit endogé exclusivement rencontré dans les sables grossiers et les graviers propres. *G. glycymeris* est une espèce euritherme (peu d'exigences thermiques) avec une large répartition biogéographique, distribuée sur le plateau continental nord-est de l'Atlantique, du Cap Vert à la Norvège, jusqu'à des profondeurs de 100 m dans des zones à fort courant de fond (Noel et al. 1995, Savina et Pouvreau 2004). L'amande de mer possède un cycle de vie benthopélagique à phase larvaire planctotrophe qui se rattache aux espèces à stratégie de reproduction K. Les bivalves à stratégie K vivent habituellement dans des biotopes stables et sont caractérisés par une maturité tardive, une vie adulte prolongée, une faible fécondité et une densité de population relativement stable (Galap et al. 1997). La taille minimale de 4 cm de pêche de l'amande de mer correspond à la taille de première maturité lorsque les animaux sont âgés de 9 à 10 ans. Les sexes sont séparés et le sex-ratio est équilibré. Les pontes ont lieu tout au long de l'année, à l'exception de deux mois au début de l'hiver (décembre-janvier) et de deux mois à la fin de l'été (août-septembre, Morvan, 1987). A la suite d'une fécondation externe, les larves, trochophores puis véligères (stade larvaire des mollusques) ont une durée de vie pélagique estimée (mais non vérifiée) de trois à quatre semaines, comme supposé pour la plupart des bivalves des mers tempérées. Une nouvelle fois, c'est un animal à croissance très lente qui peut vivre très vieux car la longévité a été estimée par analyse des stries internes de croissance à 98 ans en mer d'Irlande (Ramsay et al, 2000) et plus récemment à deux siècles (Reynolds et al., 2010).

Cette extrême longévité confère une telle inertie aux populations de cette espèce que cela lisse très probablement de manière importante la réponse des individus aux effets environnementaux (Trigui, 2009).

La coquille épaisse et composée d'aragonite (Oliver et Holmes, 2008), renferme des lignes de croissance qui apparaissent sous forme de stries concentriques à la surface de la coquille et à l'intérieur des valves (stries externes et internes, Ramsay et al., 2000). La croissance est nulle en hiver en relation avec les basses températures et des conditions d'alimentation défavorables et est maximale lors des périodes printanières et estivales (Savina 2004). Les études sur la composition isotopique de l'oxygène des coques aragonitiques de *G. glycymeris* de Berthou et al. (1986) puis Royer et al. (2013) ont démontré que la formation des stries/lignes de croissance est annuelle en réponse aux arrêts de la croissance lors de la période hivernale. Notons ici que de par sa longévité et une lecture aisée de ces stries annuelles, la coquille de l'amande de mer constitue une remarquable archive environnementale témoignant, dans les variations de croissances annuelles (anomalies notamment) et dans les variations de la composition chimique de son squelette externe, des variations de son environnement. Le genre fait l'objet actuellement avec d'autres espèces de bivalves d'un projet européen (<http://aramacc.com/>) et d'une thèse au sein de l'Université de Bretagne Occidentale.

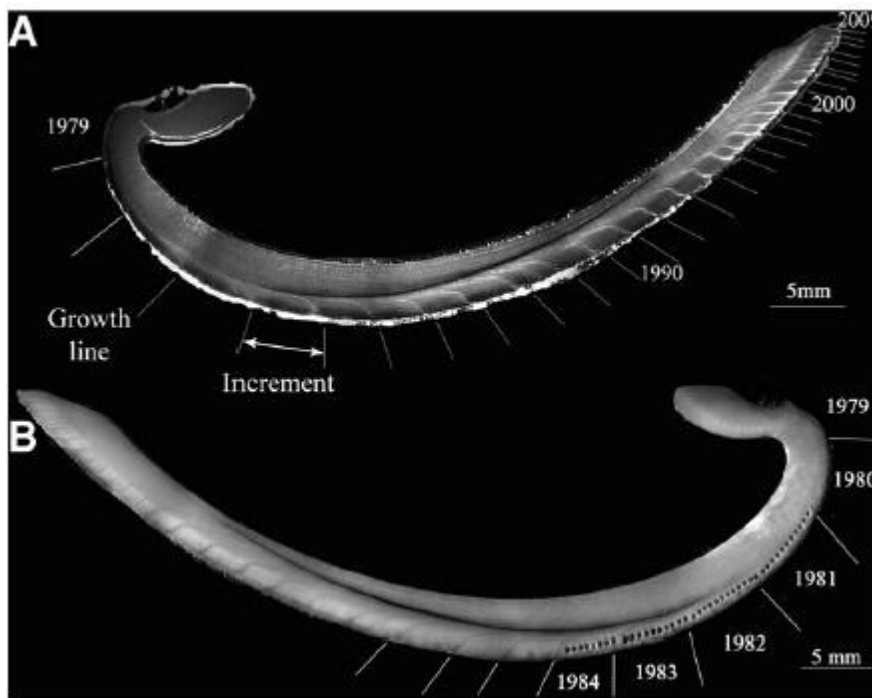


Figure 2 : Coupe longitudinale des valves de *G. glycymeris* montrant les marques annuelles. Ces marques permettent, comme sur un arbre, d'analyser l'âge et la croissance (Royer et al. 2013).

Utilisant ces techniques de sclérochronologie, Royer et al. (2013) démontrent que les anomalies de croissance de cet animal sont corrélées aux variations à long terme de celles de la température calculée par la méthode des isotopes stables de l'oxygène. Cependant, aucun lien n'est déterminé avec les variations interannuelles des conditions climatiques (Indice NAO).

Ce microphage est souvent considéré comme un filtreur suspensivore strict qui s'alimente donc essentiellement de phytoplancton. Le maximum d'efficacité de filtration est obtenu expérimentalement pour des particules de 3 à 5  $\mu\text{m}$  avec un taux de filtration moyen ('clearance rate') de 0,4  $\text{l.h}^{-1}.\text{g}^{-1}$  (g de poids sec libre de cendres, PSLC) (Savina et Pouvreau 2004). Ce taux est plutôt faible en comparaison par exemple à celui de la spisule *Spisula subtruncata* de 4,0  $\text{l.h}^{-1}.\text{g}^{-1}$  (Rueda et Smaal 2004).



Malgré ces faibles capacités de filtration, les simulations numériques issues du modèle de capacité trophique de la baie du Mont St Michel intègrent les stocks de cette espèce en raison des très fortes biomasses estimées en domaine subtidal (Cugier et al. 2010).

En outre, les travaux récents réalisés chez l'amande (Suroy 2009) comme chez la praire (Perez et al. 2013) attestent d'une réelle plasticité trophique de ces bivalves tempérés. Les analyses des acides gras biomarqueurs indiquent que les individus de *G. glycymeris* prélevés sur les estrans de l'Est de l'archipel des îles Chausey se nourrissent en majorité de phytoplancton (diatomées et dans une moindre mesure dinoflagellés) et de macroalgues brunes (Suroy 2009). Ainsi, alors que des changements dans la disponibilité de ces sources alimentaires peuvent influencer directement sur la croissance des bivalves (Mai et al., 1996, Chauvaud et al., 1998, 2001), la multiplication des sources alimentaires limite la portée des effets de ces changements. Alors que chez la palourde rose l'alimentation est continue et le taux d'assimilation est fort (i.e. environ 90 %), l'amande de mer ne s'alimente que périodiquement et présente un taux d'assimilation moindre (i.e. environ 78 %) (Savina and Pouvreau 2004). Et il faut ici retenir que la croissance est indépendante des concentrations en phytoplancton chez *G. glycymeris* (Savina 2004).

Aussi, cette amande de mer ubiquiste, eurytherme, vivant plusieurs dizaines de décennies, dont la croissance est indépendante des aléas climatiques et se maintient en réponse aux changements d'environnement trophique, est sans nul doute une espèce résistante.

A titre d'illustration, l'analyse de la répartition spatiale de *G. glycymeris* dans le golfe normand-breton entre les années 1970 et 2002, démontre dans une étude récente que son aire de répartition est restée inchangée (Trigui, 2009). Cette année et à l'échelle de la Manche entière cette fois, en s'appuyant sur les travaux de Holme (1961, 1966) réalisés entre 1958 et 1962, et ceux de Cabioch durant les années 70 (Cabioch et al., 1977), Gaudin (2017) démontre une extraordinaire stabilité dans l'aire de répartition de cette espèce.

Dans l'ensemble de la Manche, comme en rade de Brest (Dr Thébault, UBO, Comm. pers.) ou comme dans la quasi-totalité du golf normand-breton (Pr Olivier, MNHN) *Glycymeris glycymeris* présente une structure d'âge déficitaire pour les recrues et les individus jeunes.

Les résultats récents de Thébault J. en rade de Brest montrent que le recrutement peut être très épisodique et avoir lieu tous les 5 à 10 ans. De façon classique, les individus vieux dominant car l'animal est extrêmement longévif, les recrutements sont rares, mais la croissance peut être affectée par les conditions environnementales. Mais un examen attentif de la littérature montre que le site de recrutement peut être spatialement distinct du site de croissance (Olivier F., données non publiées). En baie du Mont Saint-Michel, les jeunes amandes se concentrent dans une bande bathymétrique centrée sur le zéro des cartes au sein de l'étage infralittoral et sur les petits fonds subtidaux (supérieurs à la côte -5m) (Baudron 2004). Cette exclusion des jeunes cohortes du domaine subtidal plus profond, où se concentrent les adultes, pourrait résulter d'une compétition intra-spécifique adultes/jeunes pour l'espace disponible ou pour la nourriture. La réalimentation des zones de croissance par les jeunes à partir de ces zones de nurseries se réaliserait par des migrations secondaires (transport passif/actif par charriage). Cet auteur montre ainsi que l'échantillonnage de cette espèce peut être rendu délicat par cette séparation spatiale entre recrutement/croissance juvénile d'une part et croissance adulte d'autre part.

Par ailleurs, la bibliographie montre que l'animal est mobile sur la verticale et capable de choisir sa position dans la colonne sédimentaire. Cette mobilité verticale induit des enfouissements variables dans la limite de l'extension maximale du siphon par lequel l'animal respire et s'alimente au quotidien. Ramsay et al. (2001) dans une étude visant à décrire l'impact du dragage sur l'amande montrent qu'après leur retrait du sédiment, tous les animaux ont été ré-enfouis au cours des 24 h

suivantes. L'auteur démontre que les cicatrices laissées par le dragage sont en tous points similaires à celles laissées par crabes et pagures lors de tentatives infructueuses de prédation (Figure 3).

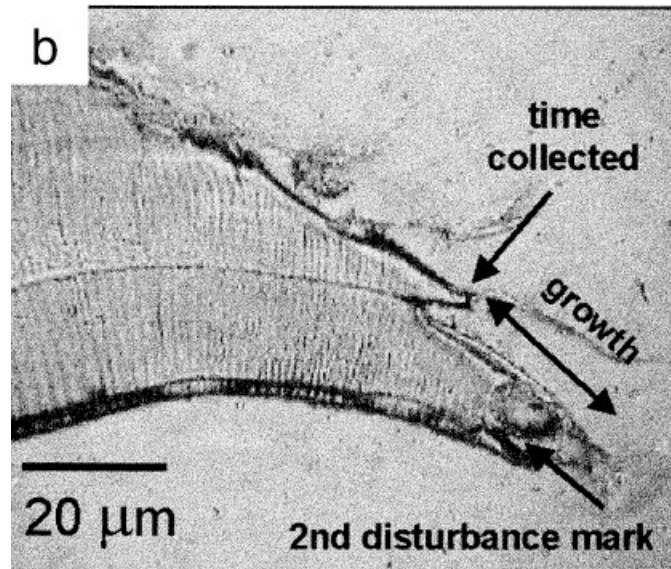


Figure 3 : Coupe de la coquille d'amande montrant la cicatrisation de la coquille. Ces marques suivies d'un ralentissement de la croissance sont visibles au pléistocène et sur les sédiments non dragués.

L'amande semble ne pas se reproduire tous les ans mais bien au contraire des cohortes de recrutement surviennent tous les 5-10 ans vraisemblablement sur des zones restreintes proches du zéro des cartes marines et donc très probablement en dehors de l'aire d'étude immédiate.

Rien n'est connu dans la littérature sur l'impact du bruit ou des contaminants sur cette espèce.

Pour conclure, la biologie de cette espèce ne répond pas aux caractéristiques moyennes des traits de vie du groupe des lamellibranches et son écologie également. Retenons ici que le groupe des amandes de mer est apparu tôt sur la terre, que l'animal vit classiquement sur une aire biogéographique large (zone tempérée froide de la façade atlantique européenne) et stable. C'est une espèce longévive (grande longévité). L'amande de mer résiste à l'hypoxie longtemps et a des besoins nutritifs faibles. Pour finir cet animal présente une grande résistance aux contraintes mécaniques.

**L'amande de mer doit être classée parmi les animaux les plus robustes de nos côtes.**

### 3.3 Précision de la particularité de la zone du parc par rapport aux gisements d'amandes et les stocks de Manche

Les travaux menés par TBM environnement, dans le cadre d'une expertise halieutique, sur l'aire d'étude immédiate du raccordement qui recouvre une partie de la zone du parc éolien, démontrent que les amandes dominant largement les captures (drague à amandes) sur l'ensemble de la zone et qu'en termes de tailles, un lot se différencie puisque les amandes pêchées dans la zone de raccordement en 2016 sont significativement plus petites que celle pêchées ailleurs. A l'échelle de la Manche entière ce gisement ne présente aucune particularité notable.



# 4 Evaluation des Impacts sur le gisement d'amandes de mer



## 4.1 Evaluation des niveaux d'impacts

Même si peu de données existent sur les perturbations sonores, électromagnétiques et sur les impacts liés à l'éventuelle bioaccumulation de métaux lourds sur la physiologie de l'espèce, intégrant la forte résistance de l'espèce aux perturbations, les enjeux peuvent être considérés comme faibles à l'échelle de l'aire d'étude immédiate.

Si l'impact direct est renseigné, rien n'est connu dans la littérature sur l'impact des modifications de la dynamique hydrosédimentaire à l'échelle du parc et locale des fondations jacket sur les amandes de mer.

## 4.2 L'effet attendu sur la surface du parc au niveau du gisement d'amandes de mer

Ce chapitre se cale sur les données spécifiques à la zone du parc éolien en mer de Dieppe Le Tréport : cahier des expertises – volet hydrodynamique et hydrosédimentaires, BRLi 2017.

### Durant les travaux d'installation du parc :

Les résultats de la modélisation de la dispersion de la matière en suspension (MES) lors des travaux de forage montrent que le panache turbide est totalement dilué deux heures après l'arrêt des travaux. Pour mémoire, l'amande est une espèce robuste et il est très peu probable que cette espèce puisse être impactée sévèrement lors d'une si courte exposition à un pic de MES. L'impact sera donc très faible voire négligeable.

La zone de travaux verra disparaître les amandes. Néanmoins, l'emprise au sol étant de 0,069 km<sup>2</sup>, il est possible d'affirmer que l'impact sur le gisement sera extrêmement faible. Notons que la disparition des amandes sur cette zone restreinte sera très probablement définitive jusqu'au démantèlement.

### Durant la phase d'exploitation du parc :

La présence d'une fondation d'éolienne génère par la présence de cylindres à l'interface eau-sédiment des zones de dépôt et d'érosion (Haddorp, 2005). Les simulations numériques de l'impact hydrosédimentaire réalisées par BRLi (2017) montrent l'absence d'impact régional sur la dynamique sédimentaire. Néanmoins, la littérature montre que les modifications sédimentaires locales dues à la présence de telles fondations peuvent être quasi-nul pour des graviers de 4 mm mais très importantes pour des sables moyens de 500 microns dans 2 zones jouxtant ce cylindre (jusqu'à 2 m en 8 ans). La figure suivante illustre cet affouillement local (Rudolph et al. 2004 et Angus et al. 1982).



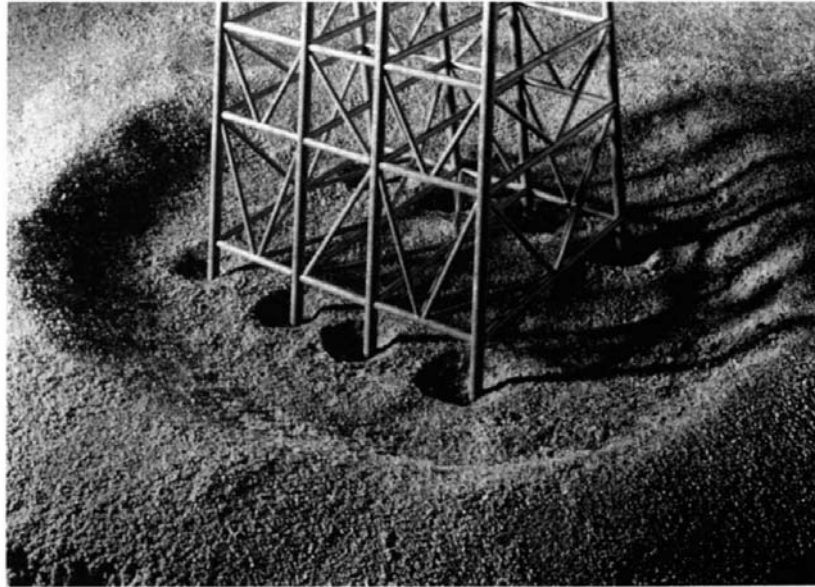


Figure 4 : Représentation conceptuelle de l'ensemble des affouillements-local et global-dans le cas d'une fondation de type jacket, d'après Angus et al. 1982.

L'effet sera localement non négligeable, du fait de l'instabilité sédimentaire et de l'érosion récurrente. En effet, un tel impact hydrosédimentaire local pourrait (1) supprimer plusieurs mètres de sédiments meubles et/ou (2) faire passer d'un habitat de sédiment grossier à un substrat dur avec donc une suppression très locale du gisement de *Glycymeris glycymeris*. Mais, il convient de préciser que la surface impactée selon le volet hydrodynamique et hydrosédimentaire BRLi (2017) est très faible (0,19 % de la surface) si on considère l'emprise générale du parc (82,4 km<sup>2</sup>). L'impact sera donc très faible à l'échelle du gisement. La fraction du gisement d'amandes susceptible de mourir lors de la disparition du sédiment durant les premières années d'exploitation sera donc elle aussi très faible.

Pour les zones d'engraissement et d'affinement sédimentaire (faible emprise) l'effet sera moyen car l'amande possède une bonne tolérance aux variations édaphiques lorsque les particules fines restent minoritaires et sa biologie et son écologie la « prépare » à la mobilité. Les amandes survivront en se déplaçant verticalement.

En conclusion, l'impact estimé sera globalement faible.

En outre, nos travaux d'expertise nous ont conduits à une lecture attentive de la littérature scientifique portant sur *Glycymeris glycymeris* en Manche. Parmi les articles récents qu'il convient de citer celui de Rombouts et al. (2012).

Les auteurs construisent des scénarios de distribution d'espèces à une échelle séculaire dans un contexte de changement climatique en cours. Ainsi, selon la théorie des niches écologiques et en se basant notamment sur la tolérance de *G. glycymeris* à la température, la texture sédimentaire et la salinité, les auteurs affirment que les populations de cette espèce auront quasiment disparu de la Manche orientale en 2099 (Figure 4).

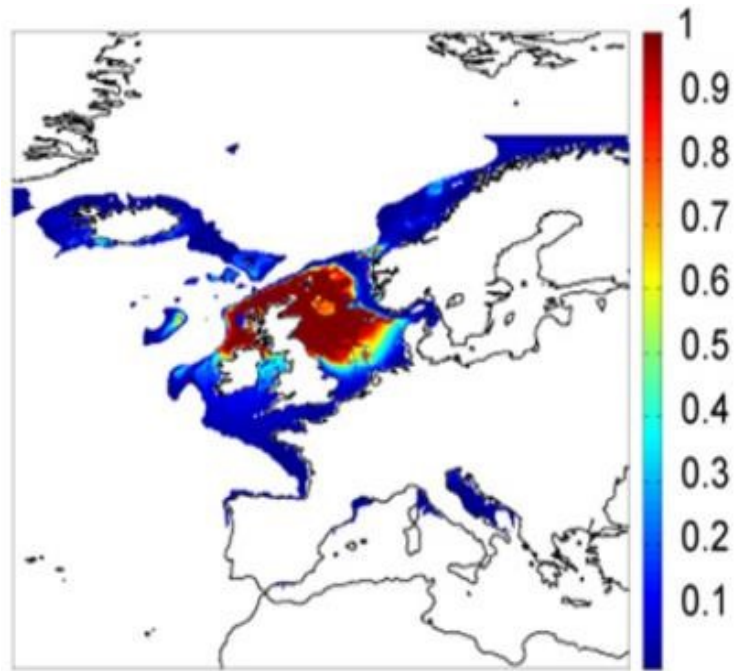


Figure 5 : Carte de distribution de probabilité de présence de l'amande de mer en 2090-2099.



# 5 Bibliographie





- Baudron A. (2004) – Les populations d'amandes de mer dans le golfe Normand-Breton : des populations à protéger, à gérer ? Mémoire de DUT, IUT Brest Génie Biologique option Génie de l'Environnement, Station Marine de Dinard (MNHN), 22 p.
- Berthou, P., Blanchard, M., Noël, P., Vergnaud-Grazzini, C., 1986. Stable isotope analysis of shells for age determination in four bivalve species from the Normand-Breton Gulf (western English Channel). International Council for the Exploration of the Sea Shellfish Committed, report 1986/K, 16.
- Cabioch L., Gentil F., Glaçon R. et Retière C (1977) Le macrobenthos des fonds meubles de la Manche : distribution générale et écologie. In: Keegan BF, Ceidigh PO, Boaden PJS (eds) Biology of benthic Organisms, 115-128. Pergamon Press, Oxford.
- Chauvaud, L., Donval, A., Thouzeau, G., Paulet, Y.M., Nézan, E., 2001. Variations in food intake of *Pecten maximus* (L.) from the Bay of Brest (France): influence of environmental factors and phytoplankton species composition. *Compte-Rendu de l'Académie des Sciences de Paris. Sciences de la vie/Life Sciences* 324, 743–755.
- Chauvaud, L., Thouzeau, G., Paulet, Y., 1998. Effects of environmental factors on the daily growth rate of *Pecten maximus* juveniles in the Bay of Brest (France). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 227, 83–111.
- Cugier P., Struski C., Blanchard M., Mazurié J., Pouvreau S., Olivier F., Trigui J. et Thiébaud E., (2010) Enlightening the role of benthic filter-feeders on phytoplanktonic pelagic production: the case of Mont Saint Michel Bay, France. *Journal of Marine Systems*, Vol. 82 (3): 21-34.
- Galap C, Leboulenger F., Grillot J-P. (1997). Seasonal variations in biochemical constituents during the reproductive cycle of the female dog cockle *Glycymeris glycymeris*. *Journal of sea research*, 129 :625-634
- Gaudin F (2017). Effets du réchauffement climatique récent sur la distribution de la macrofaune benthique en Manche. Thèse UPMC/Roscoff. 304p soutenance prévue le 28/02/2017.
- Holme N.A. (1961) The bottom fauna of the English Channel. *Journal of Marine Biological Association of the United Kingdom*, 41, 397-461.
- Holme N.A. (1966) The bottom fauna of the English Channel. Part II. *Journal of Marine Biological Association of the United Kingdom*, 46, 401-493.
- Mai, K., Mercer, J.P., Donlon, J. (1996). Comparative studies on the nutrition of two species of abalone, *Haliotis tuberculata* L. and *Haliotis discus hannai*: the role of polyunsaturated fatty acids of macroalgae in abalone nutrition. *Aquaculture* 139, 77–89.
- Morvan, C., 1987. Cycle de reproduction et fécondité de deux espèces de bivalves dans le golfe Normand-Breton. Ph.D Thesis, Université de Bretagne Occidentale, 138 pp.
- Noel P., Blanchard M., Berthou P. (1995). Cartographie et évaluation des principaux mollusques filtreurs du golfe Normand-Breton. Rapport interne DEL/95.11 et Rapport du laboratoire côtier DRV/RH Brest, 31 p.
- Oliver, P., Holmes, A. (2008). The arcoidea (Mollusca: Bivalvia): a review of the current phenetic-based systematics. *Biological Journal of the Linnean Society* 148, 237–251.
- Perez V., Olivier F, Tremblay R., Neumeier U., Thébaud J., Chauvaud L. and Méziane T. (2013) Trophic resources of the bivalve, *Venus verrucosa*, in the Chausey archipelago (Normandy, France) determined by stable isotopes and fatty acids *Aquatic Living Resources* (DOI: 10.1051/alr/2013058).

- Ramsay, K., Richardson, C. A., & Kaiser, M. J. (2001). Causes of shell scarring in dog cockles *Glycymeris glycymeris* L. *Journal of Sea Research*, 45(2), 131-139.
- Ramsay, K., Kaiser, M. J., Richardson, C. A., Veale, L. O., and Brand, A. R. (2000) Can shell scars on dog cockles (*Glycymeris glycymeris* L.) be used as an indicator of fishing disturbance? *Journal of Sea Research*, 43, 167–176.
- Reynolds, D., Wanamaker Jr., A., Brocas, W., Scourse, J., Richardson, C., Butler, P. (2010). The dog cockle, *Glycymeris glycymeris* : a new annually resolved multi-centennial marine palaeoenvironmental archive. In: Schöne, B., Nunn, E. (Eds.), *Proceedings of the 2nd International Sclerochronology Conference (24-28th July 2010)*, volume 2010/3, TERRA NOSTRA-Schriftender Geo-Union Alfred-Wegener-Stiftung, p. 68.
- Royer C., Thébault J., Chauvaud L., Olivier F. (2013) Structural analysis and Palaeoenvironmental potential of the Dog cockle (*Glycymeris glycymeris*) in Brittany. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 373 (2012) 123-132
- Rueda, J.L. et Smaal, A.C. (2004) Variation of the physiological energetics of the bivalve *Spisula subtruncata* (da Costa, 1778) within an annual cycle. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 301, 141–157.
- Savina M., Pouvreau S. (2004). A comparative ecophysiological study of two infaunal filter-feeding bivalves: *Paphia rhomboides* and *Glycymeris glycymeris*. *Aquaculture*, 239(1-4), 289-306.
- Savina, M., 2004. "Modélisation écologique des populations de palourdes roses (*Paphia rhomboides*) et d'amandes de mer (*Glycymeris glycymeris*) en Manche." PhD Thesis, University of Aix-Marseille II, France, 200 p.
- Suroy M. (2009) Impact de la mytiliculture sur la qualité et l'utilisation de la matière organique disponible cas de l'habitat des sédiments grossiers à *Glycymeris glycymeris*. Mémoire de Master Sciences de l'Univers, Environnement, Ecologie', spécialité 'Océanographie et Environnements Marins, Université de Paris 6 pp. 1-30.
- Trigui, R. J. (2009). "Influence des facteurs environnementaux et anthropiques sur la structure et le fonctionnement des peuplements benthiques du Golfe Normand-Breton." ED 227: 200.