

**DETERMINATION DU POTENTIEL HYDROLIEN
EN BASSE-NORMANDIE**

**CROISEMENT DU GISEMENT HYDROLIEN ET DES
CONTRAINTES DU DOMAINE COTIER –
DETERMINATION DU POTENTIEL**

ANNEXE : MODELISATION DU GISEMENT HYDROCINETIQUE

DOCUMENT FINAL

FEVRIER 2012

N°171 3186

Afin d'identifier plus précisément les zones favorables à l'implantation d'hydroliennes, Sogreah propose la réalisation d'une modélisation des champs de courants sur la zone d'étude.

Cette analyse repose sur l'exploitation du modèle hydrodynamique de la Manche, basé sur les techniques de modélisation numérique bidimensionnelle associé au code de calcul TELEMAR développé par EDF-DER. D'ailleurs, ce modèle a servi de base/ référence à la construction des modèles côtiers du SHOM (mission confiée à SOGREAH).

1. DESCRIPTION DU MODELE

1.1. LOGICIEL

La représentation fine des processus hydrodynamiques est effectuée à l'aide du logiciel TELEMAR-2D.

Ce code de calcul résout, sur des maillages triangulaires, les équations de Saint-Venant régissant les écoulements bidimensionnels à surface libre. Il permet de reproduire plusieurs cycles complets de marée, aussi bien pour des périodes passées que futures (modèle prédictif).

Il fournit, en chaque point du maillage et pour l'ensemble de la période simulée, les champs de vitesses et les hauteurs d'eau sur l'ensemble du domaine d'étude.

Afin de répondre aux besoins des différentes études localisées sur les côtes de la Manche, SOGREAH a développé un modèle hydrodynamique de l'ensemble de la Manche. Les caractéristiques de ce modèle sont présentées ci-dessous.

1.2. EMPRISE, BATHYMETRIE ET MAILLAGE

Le modèle à haute résolution de la Manche créé par SOGREAH s'étend de la pointe du Finistère à Ostende (Belgique) sur la cote française et sur toute la côte du Sud de l'Angleterre, soit sur une distance Est-Ouest d'environ 590 km pour une superficie totale du modèle d'environ 84 190 km².

Le Modèle Numérique de Terrain (représentation numérique de la bathymétrie) a été élaboré à partir des cartes marines disponibles sur la manche au 50 000ème sur la côte Française et au 150 000ème sur la côte Anglaise.

Les caractéristiques du maillage sont :

- Nombre de nœuds : 29 238
- Nombre d'éléments : 55 207
- Taille maximale des mailles : 8 000 m (frontière ouest)
- Taille minimale des mailles : <500 m (à la côte)

Une vue du modèle en bathymétrie et maillage est fournie sur les Figure 1 et Figure 2 ci-dessous.

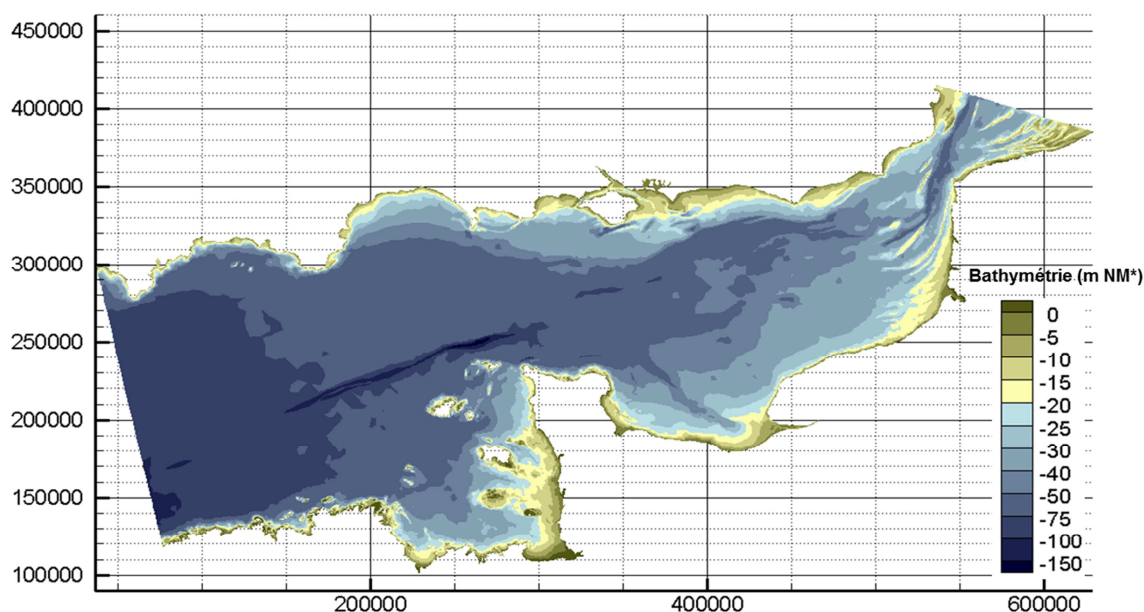


Figure 1 : Emprise et bathymétrie du modèle de la Manche

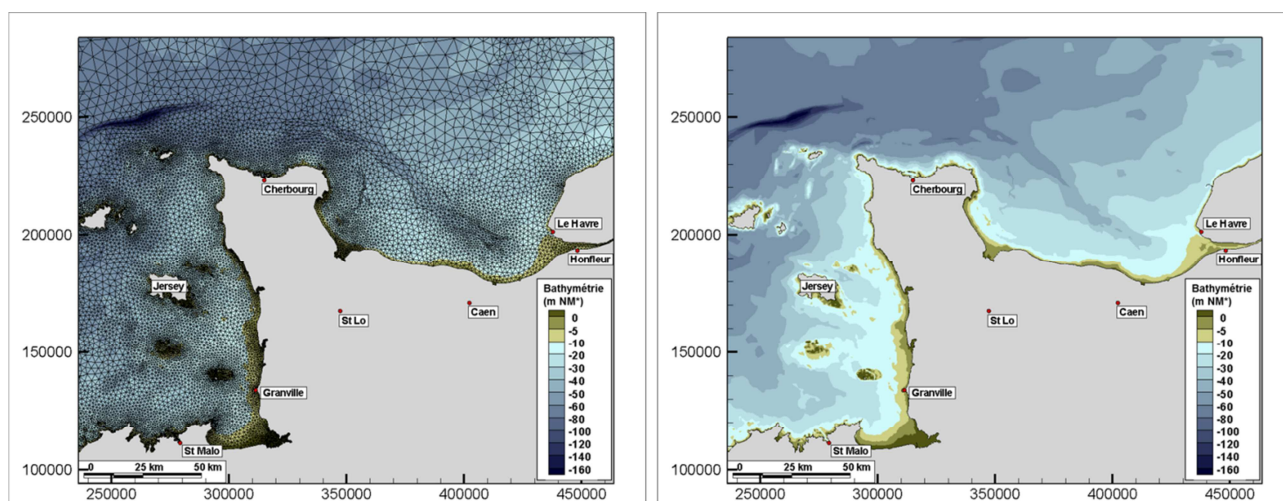


Figure 2 : Maillage et bathymétrie du modèle dans la zone d'étude

1.3. CALAGE ET VALIDATION DU MODELE

1.3.1. CALAGE

Le modèle comprend la description de plus de 40 ondes dominantes sur la manche. Il permet ainsi de décrire l'ensemble des non linéarité observées tel que par exemple les marées de pleine mer à double bosse visibles dans la baie de Seine. Le modèle a été calé sur l'ensemble des marégraphes en manche (92 marégraphes) à la fois sur les côtes françaises que sur les côtes anglaises.

Un exemple du calage du modèle de la Manche est montré en annexe pour l'onde M2. Son calage pour d'autres ondes est disponible ainsi que la comparaison à des marégraphes in situ des principaux ports.

1.3.2. VALIDATION DU MODELE

La validation du modèle a pour objectif d'assurer la qualité et la représentativité du modèle par rapport aux besoins de l'étude. Pour cela la comparaison entre les niveaux d'eau tirés des résultats du modèle et les prédictions fournies par le SHOM a été effectuée sur une période de 15 jours pour trois ports français situés dans la zone d'étude. La période du 7 février au 22 février 2009 permet de couvrir l'ensemble des conditions de marée pouvant être rencontrées à l'échelle annuelle sur le secteur d'étude. Les figures suivantes illustrent cette comparaison.

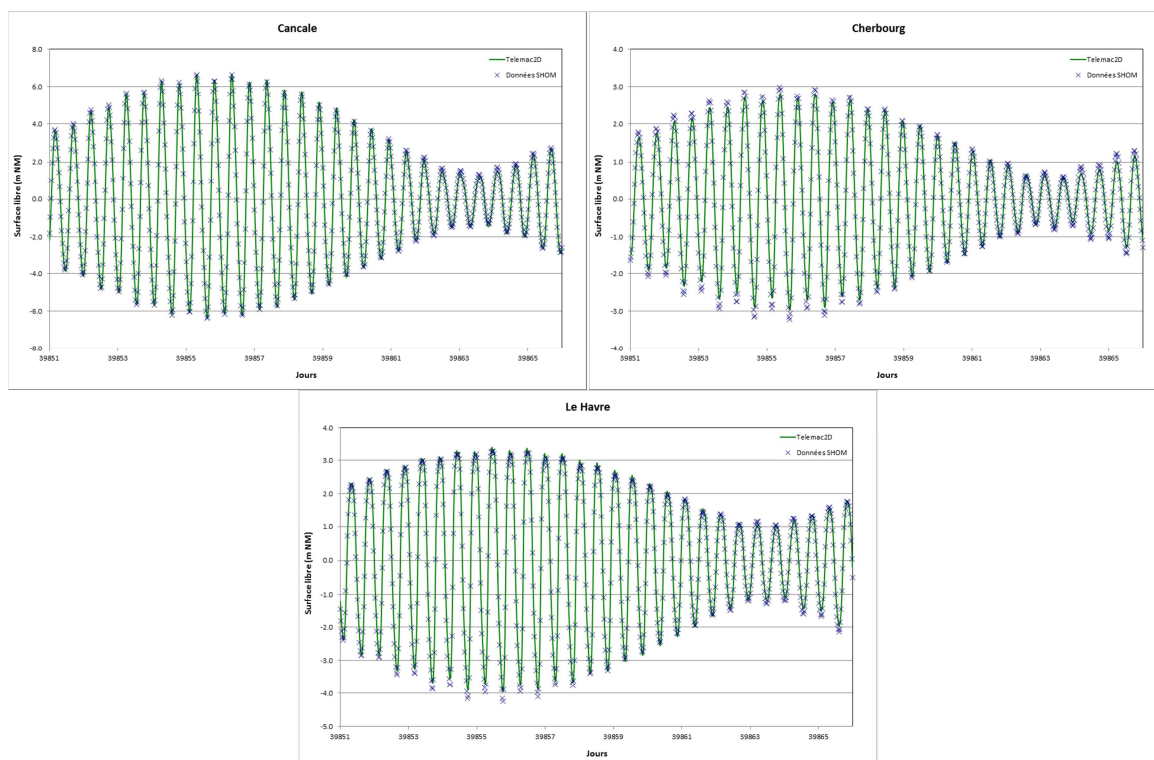


Figure 3 : Comparaison de l'évolution des niveaux d'eau donnés par le modèle hydrodynamique et ceux prédits par le SHOM

Les niveaux d'eau obtenus par le modèle sont bien représentatifs de la propagation de la marée dans la Manche. La variation de la cote d'eau reste bien en phase avec les données marégraphiques et le marnage est correctement reproduit.

Les résultats en vitesses du courant (intensité et direction) fournis par le modèle pour une marée de vive-eau et de morte-eau ont été comparés aux données indiquées sur la carte SHOM en 4 points représentatifs de la zone d'intérêt (Points C, D, G, H sur la figure ci-dessous).

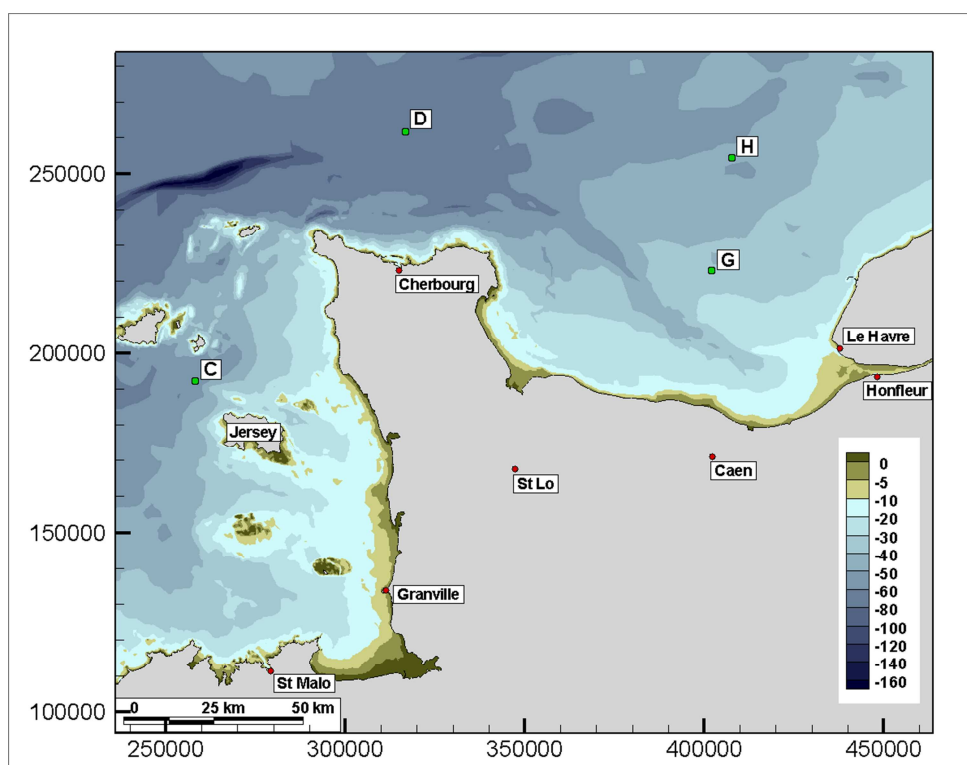
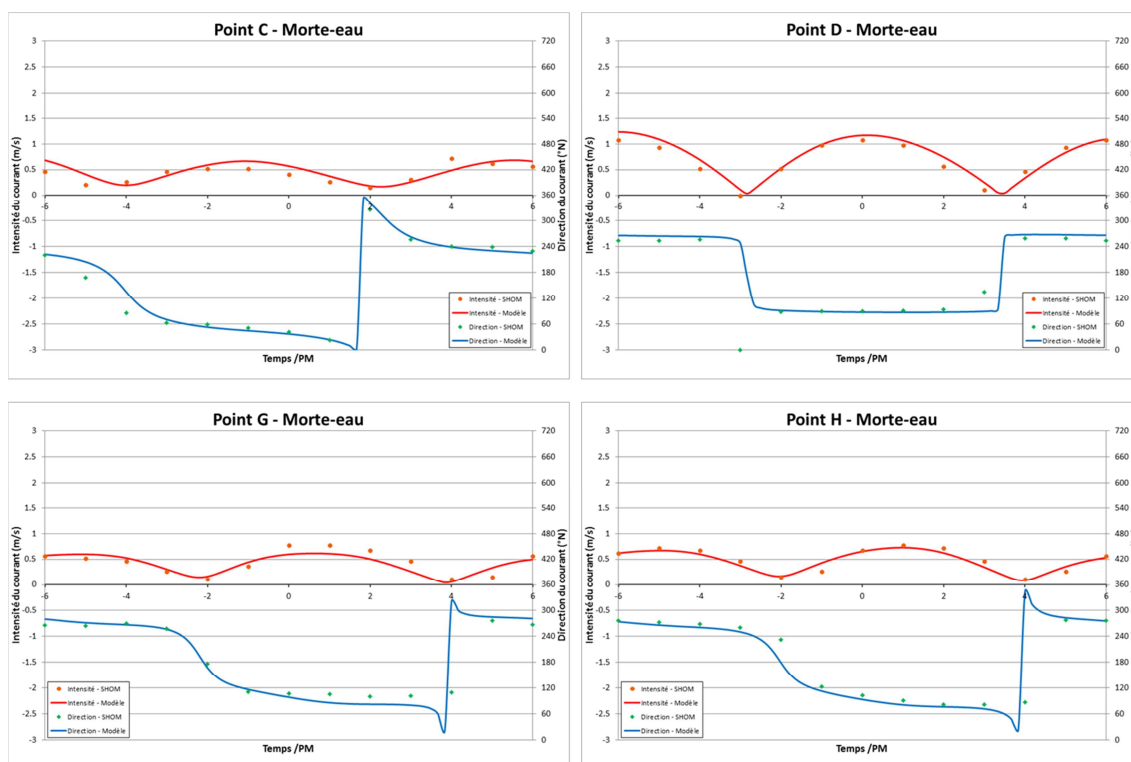


Figure 4 : Positions des différents points de calage en vitesse

Les résultats sont présentés sur les figures suivantes :



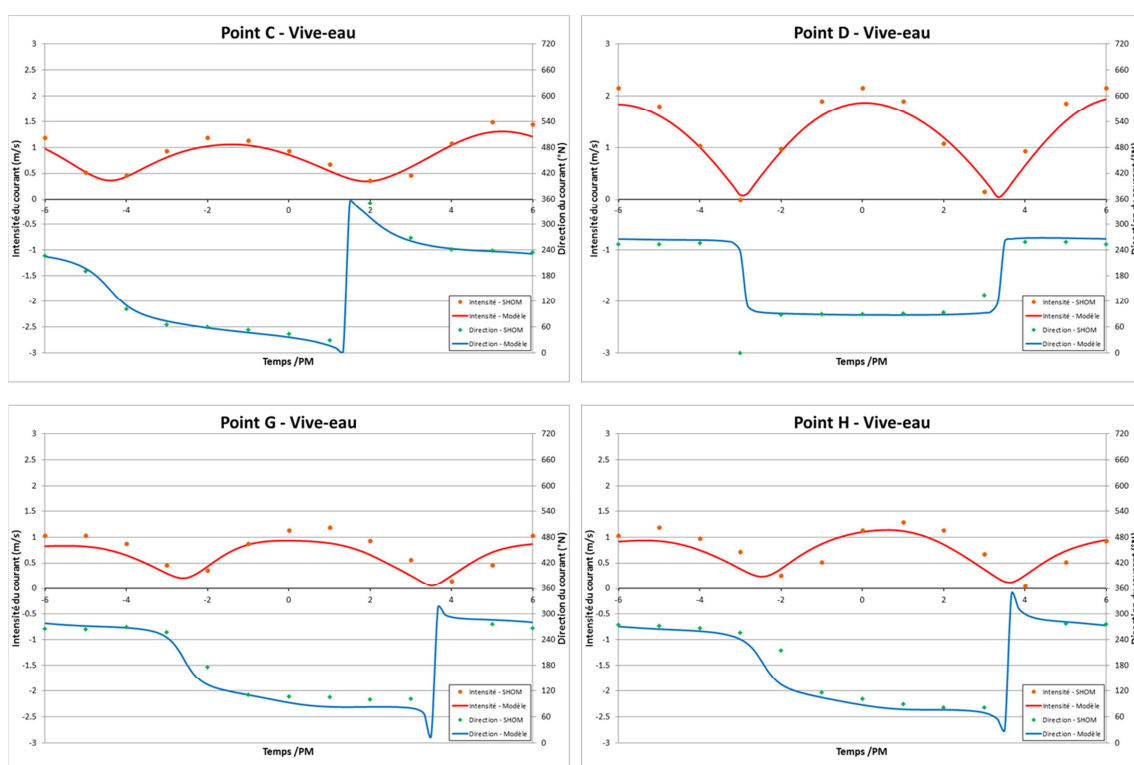


Figure 5 : Comparaison des vitesses calculées par le modèle à celles fournies par le SHOM

Cette comparaison indique que le modèle fournit des vitesses de courant de marée conformes aux indications fournies par le SHOM, aussi bien en ce qui concerne les ordres de grandeur des vitesses des écoulements, que pour les instants de renverse et les directions associées aux écoulements.

Le modèle hydrodynamique mis en œuvre présente un bon niveau de représentation des phénomènes hydrodynamiques associés aux marées. Il permet de répondre parfaitement aux besoins de la présente étude.

1.4. POTENTIEL ENERGETIQUE LIE AUX COURANTS DE MAREE

1.4.1. CYCLE MODELISE

Le modèle courantologique permet de représenter les conditions hydrodynamiques associées à un cycle complet de marées théoriques (morte-eau / vive-eau). L'ensemble des conditions hydrodynamiques liées aux marées pouvant être rencontrées sur le secteur d'étude sont de cette manière représentées.

Le cycle exploité dans cette étude est celui simulé pour la phase de validation du modèle. Il s'étend du 07/02/2009 au 22/02/2009, soit 15 jours de conditions hydrodynamiques théoriques simulés. La répartition des coefficients de marée sur cette période est fournie sur le graphique suivant :

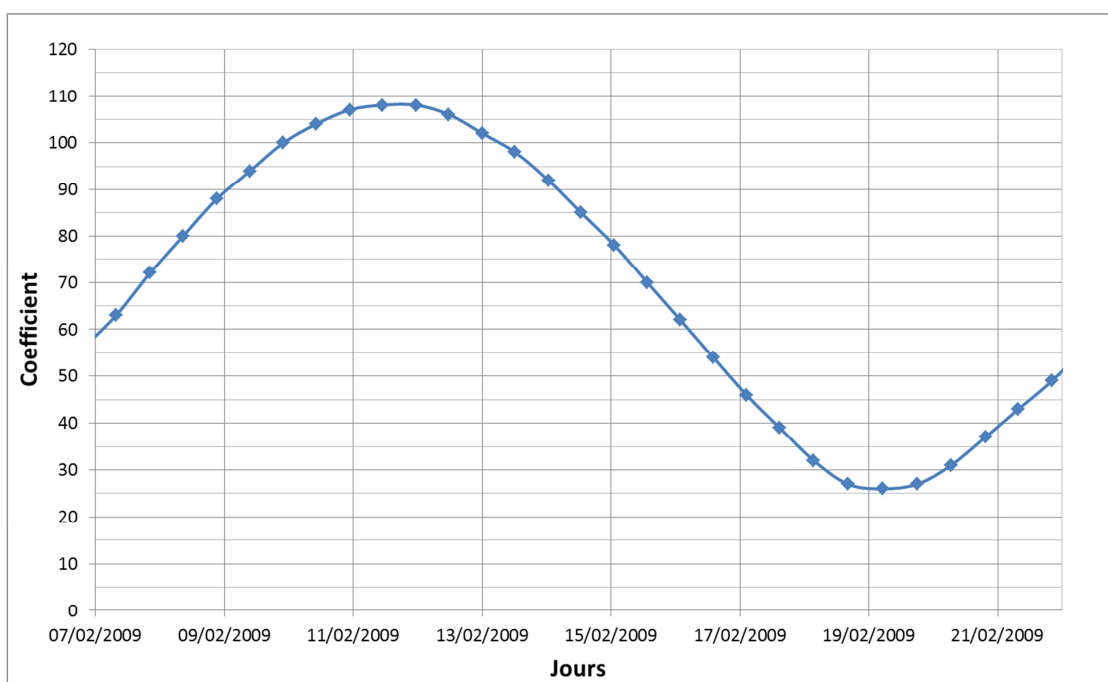


Figure 6 : Coefficients de marée pour le cycle modélisé

1.4.2. REPRESENTATION DES CONDITIONS DE MAREES MOYENNES ANNUELLES

Afin de représenter de manière la plus fidèle les conditions hydrodynamiques dues aux phénomènes de marée à l'échelle d'une année moyenne, il convient de définir le nombre moyen annuel de marée d'un coefficient donné.

Pour cela, les résultats de l'étude statistique réalisée par Gougenheim en 1953 sont utilisés. Cette étude consiste à une analyse statistique des coefficients de marée observés sur une longue période. Elle caractérise les fréquences moyennes annuelles d'apparition des marées en fonction de leur coefficient.

Un rendu de cette étude est présenté dans le tableau ci-contre et sur le graphique ci-dessous.

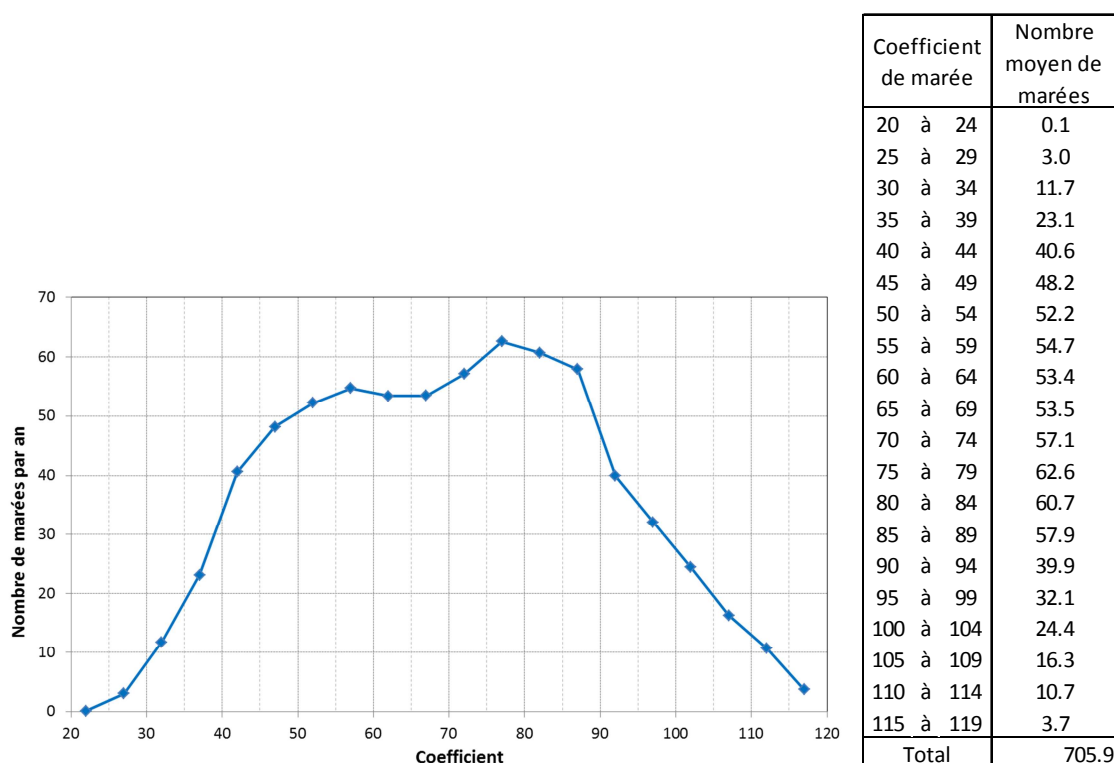


Figure 7 : Analyse de la fréquence d'occurrence d'un coefficient de marée par an

L'analyse des coefficients de marée du cycle modélisé est réalisée en intégrant les résultats de l'étude de Gougenheim. Il ressort de cette réflexion que chaque marée du cycle simulé est représentative d'un certain nombre de marées observées en moyenne à l'échelle annuelle (entre 1,2 pour les marées les plus rares et 59,3 pour les marées les plus fréquentes). A partir de cette information, il est possible de reconstituer les conditions hydrodynamiques liées aux marées sur une année moyenne à partir du cycle simulé.

Cette méthode permet d'approcher les comportements observés in-situ sur une année de manière plus fine que celle proposée par l'analyse seule de quelques marées caractéristiques. Elle permet en effet de représenter l'ensemble des conditions hydrodynamiques observées et de réaliser une intégration très fine à l'échelle d'une année moyenne pour l'ensemble des paramètres étudiés.

Cette méthodologie de représentation des conditions hydrodynamiques moyennes à partir des résultats du modèle sur le cycle de marée simulé est conservée dans la suite des analyses réalisées sur la base des résultats du modèle hydrodynamique.

Le graphique ci-dessous présente l'évolution dans le temps des coefficients de marées associées au cycle de 15 jours modélisé et celle de la fréquence d'apparition des marées de coefficient similaire sur une année.

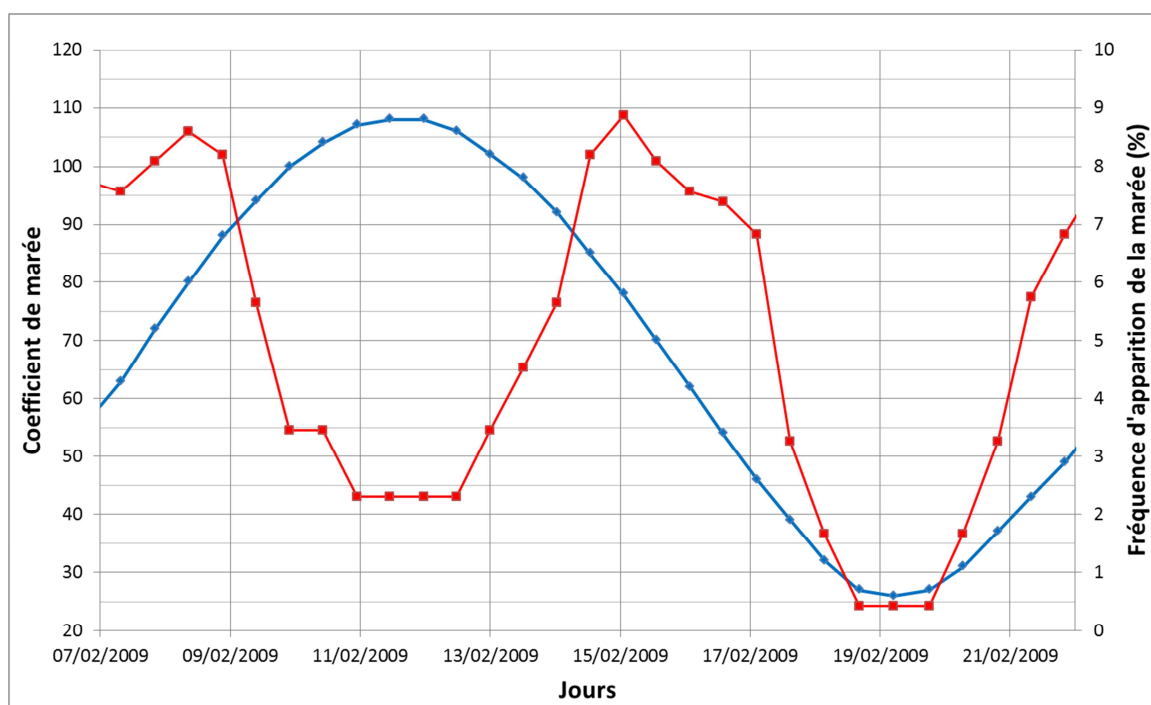


Figure 8 : Cycle de marée modélisé et marée moyenne annuelle

L'exploitation des résultats du modèle hydrodynamique sur ce site de marée permet de mettre en évidence les paramètres suivants :

- Marnage sur 3 marées caractéristiques (vive-eau, marée moyenne, morte-eau)
- Vitesses maximales sur 3 marées caractéristiques
- Vitesse moyenne annuelle
- Puissance maximale instantanée
- Puissance moyenne annuelle
- Energie moyenne annuelle

1.4.3. PRESENTATION DES RESULTATS

1.4.3.1. MARNAGE MAXIMAL

Cette analyse permet de définir le potentiel énergétique lié à la marée et aux évolutions de niveau d'eau associée. Il est présenté en annexe pour 3 marées caractéristiques :

- une marée de morte-eau (coeff 46 ; Figure 9Figure 10)
- une marée moyenne (coeff 70 ; Figure 10)
- une marée de vive-eau (coeff 94 ; Figure 11)

1.4.3.2. VITESSES INSTANTANEEES MAXIMALES

Les Figure 12 à Figure 14 présentent les cartographies de vitesses maximales pour les 3 marées caractéristiques définies dans le paragraphe précédent.

1.4.3.3. VITESSE MOYENNE ANNUELLE

Les Figure 15 et Figure 16 représentent la vitesse moyenne des courants sur une année type hydrodynamique.

1.4.3.4. PUISSANCE MOYENNE ANNUELLE

La puissance instantanée associée aux courants marins est calculée de la manière suivante :

$$W = \frac{1}{2} \rho U(t)^3 \text{ en W/m}^2$$

Avec $\rho = 1025 \text{ kg/m}^3$ (masse volumique de l'eau de mer) et U = vitesse du courant en m/s.

Les Figure 19 et Figure 20 présentent la puissance moyenne annuelle calculée et les Figure 17 et Figure 18 représentent la puissance maximale instantanée calculée en chaque point du secteur d'étude sur le cycle modélisé.

1.4.3.5. ENERGIE MOYENNE ANNUELLE

L'énergie moyenne annuelle liée aux courants de marée correspond à l'intégration de la puissance instantanée sur une année type hydrodynamique.

Elle s'exprime de la manière suivante :

$$E = \int^{1 \text{ an}} \frac{1}{2} \rho U(t)^3 dt \text{ en Wh/m}^2$$

La cartographie de l'énergie moyenne annuelle est présentée sur les Figure 21 et Figure 22.

ANNEXES

MODELE DE LA MANCHE - QUALITE DE LA REPRESENTATION DE L'ONDE M2

ANALYSE DE L'ONDE M2 - MAREGRAPHES DE DUREE D'ENREGISTREMENT SUPERIEURE A UN AN

La liste des marégraphes disponibles sur la manche dont la durée d'enregistrement est supérieure à un an est la suivante :

Angleterre: Devonport, Portland, Portsmouth, Nab Tower, NewHaven, Dover, Ramsgate

France : Dunkerque, Dieppe, Le Havre, Barfleur, Cherbourg, St Helier, St Malo-Servan

Le Tableau 1 présente les amplitudes et les phases des données et les écarts avec le modèle SOG V1.0 :

	M2			
Nom	Amp (m)	Phi (°)	Ecart (cm)	Ecart (°)
Devonport	1,723	152,1	-3,2	2,3
Portland	0,653	188,8	-2,3	4,7
Portsmouth	1,454	325,7	-2,5	0,4
Nab Tower	1,444	320,6	-0,9	-3,3
NewHaven	2,267	322,0	-0,6	1,0
Dover	2,285	333,8	-0,5	-0,9
Ramsgate	1,877	339,9	-2,0	-1,1
Dunkerque	2,123	353,7	-1,8	-0,6
Dieppe	3,109	313,0	-3,0	-1,9
Le Havre	2,601	286,4	1,0	-1,4
Barfleur	1,955	260,4	-0,5	0,6
Cherbourg	1,843	229,1	3,4	-0,6
St Helier	3,420	183,6	-6,0	-1,4
St Malo Servan	3,813	179,0	-1,3	-1,0
	Ecart moyen (valeurs absolues)		2,07	1,51

Tableau 1 : Résultats du modèle pour l'onde M2 sur l'ensemble des marégraphes en manches de durée d'enregistrement supérieur à 1 an

En moyenne les valeurs 2,07 cm et 1,51° peuvent être considérées comme remarquables car elles cumulent à la fois le secteur Français et le secteur Anglais.

En ce qui concerne les phases, les écarts sont plus importants sur l'Angleterre, notamment autour du point amphidromique (Sandown). Sur la partie française, l'écart relatif n'est plus que de 1° en moyenne soit 2 minutes en temps.

ANALYSE DE L'ONDE M2 - DEVELOPPE COMPLET LE LONG DES COTES

Les graphes de la Figure 1 ci-dessous présentent les développés le long des côtes françaises et anglaises.

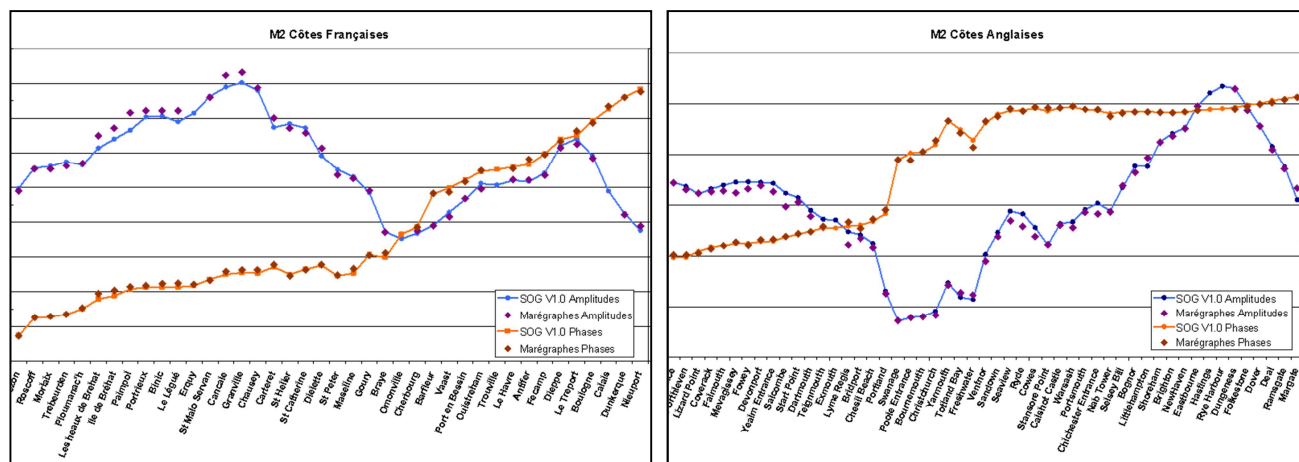


Figure 1 : Onde M2 - Développé le long des côtes Anglaises de la solution SOGREAH V1.0

Ces graphes amènent les commentaires suivants :

Côtes françaises :

La qualité de la solution est excellente en phase sur l'ensemble des 39 marégraphes. En amplitude, la différence entre le coté ouest et est de la manche est flagrante. Deux secteurs sont concernés sur la partie ouest :

Les côtes Bretonnes des Bréhats aux Légues : Encadré par Roscoff et St Malo où la solution est de bonne qualité, ces marégraphes sont d'une durée en général d'un mois. Un calage par modification des frottements locaux est possible et minimise ces écarts mais alors la solution est fortement dégradée sur St Malo. Roscoff, influencé par la condition à la limite n'est que peu sensible au frottement.

Le secteur Normand Breton représente finement la marée avec une sous estimation faible des amplitudes sur Granville, et une légère surestimation sur St Helier, seul marégraphe de longueur d'enregistrement d'un an sur ce secteur. **Côtes Anglaise :**

La qualité de la solution est là encore très bonne en phase même au niveau du point amphidromique. En amplitude, il convient de séparer l'analyse en trois parties : le secteur ouest, le secteur du point amphidromique et le secteur Est.

Le secteur Ouest présente une surestimation des amplitudes sur Falmouth-Lyme Regis. Le secteur du point amphidromique est dans l'ensemble assez bien représenté et notamment en phase. Ce point était un des principaux défauts des modèles physique et mathématique cités par M. Forneirino et C. Le Provost. Sur le secteur Est, la solution est de bonne qualité en conformité avec les observations précédentes.

A titre d'illustration nous présentons sur la Figure 2 les cartes de la composante harmonique M2 du niveau de la mer.

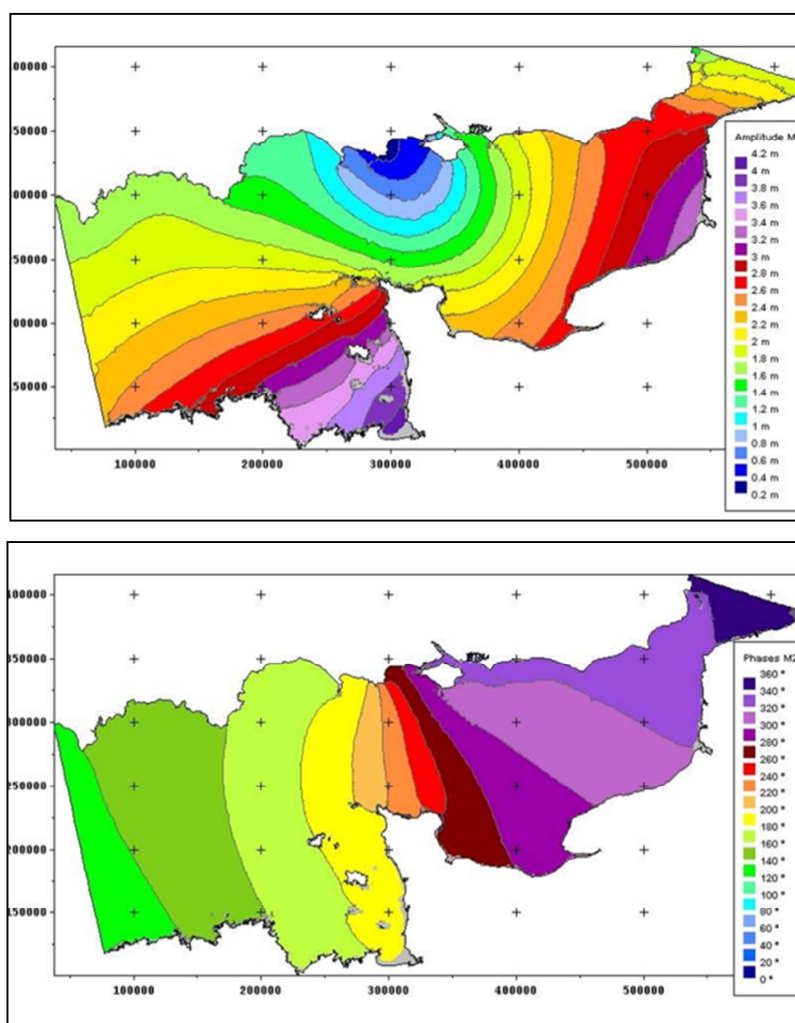
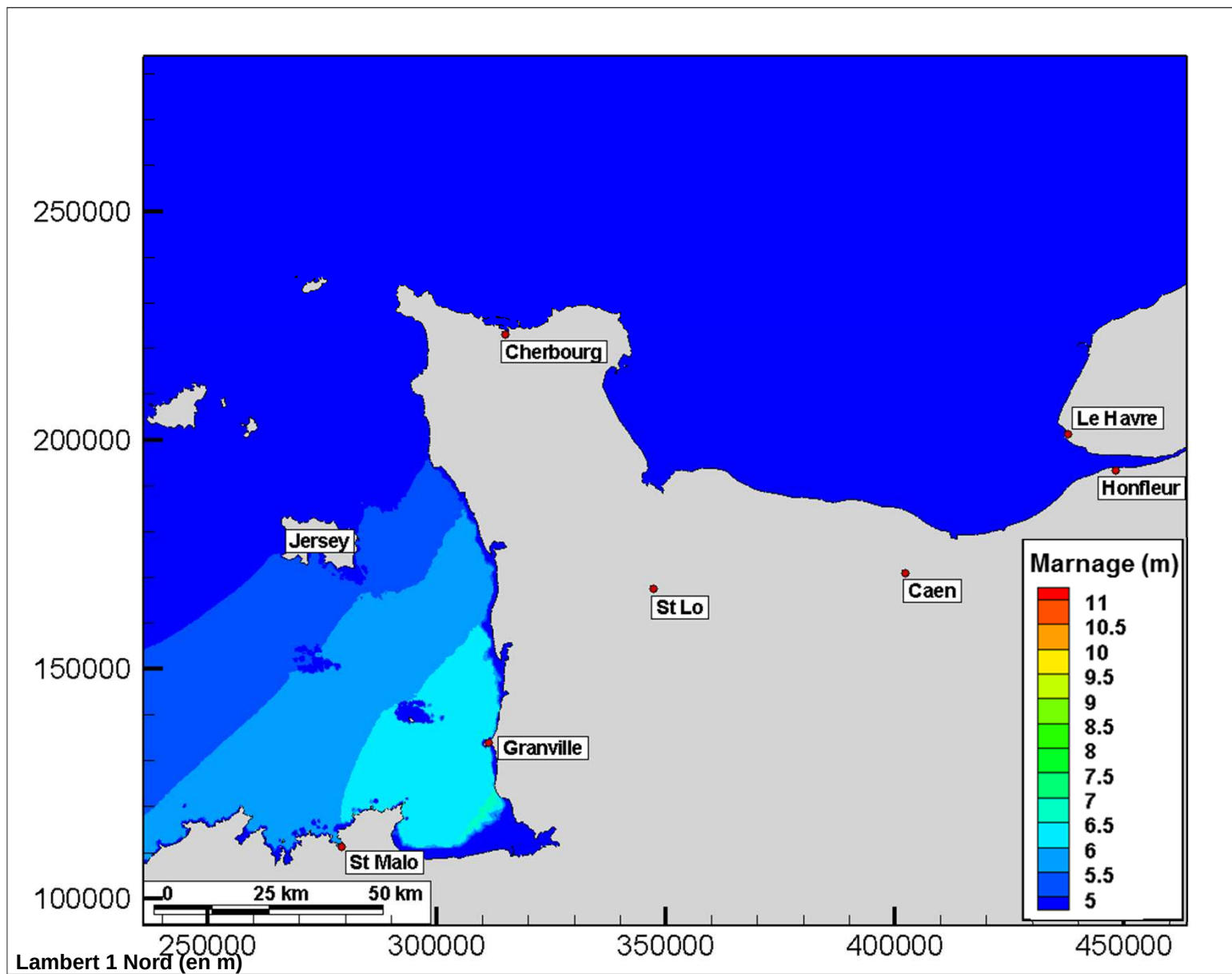
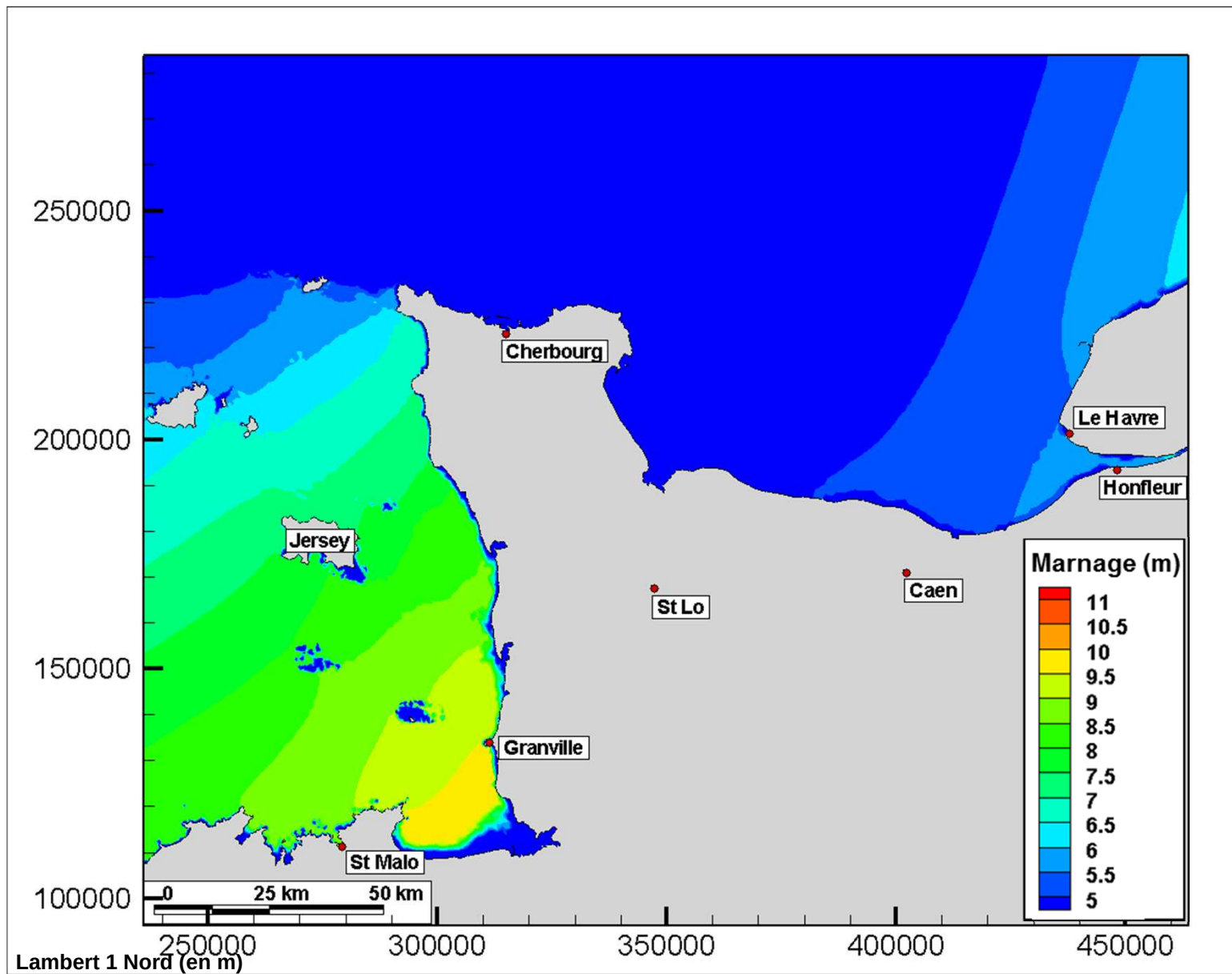


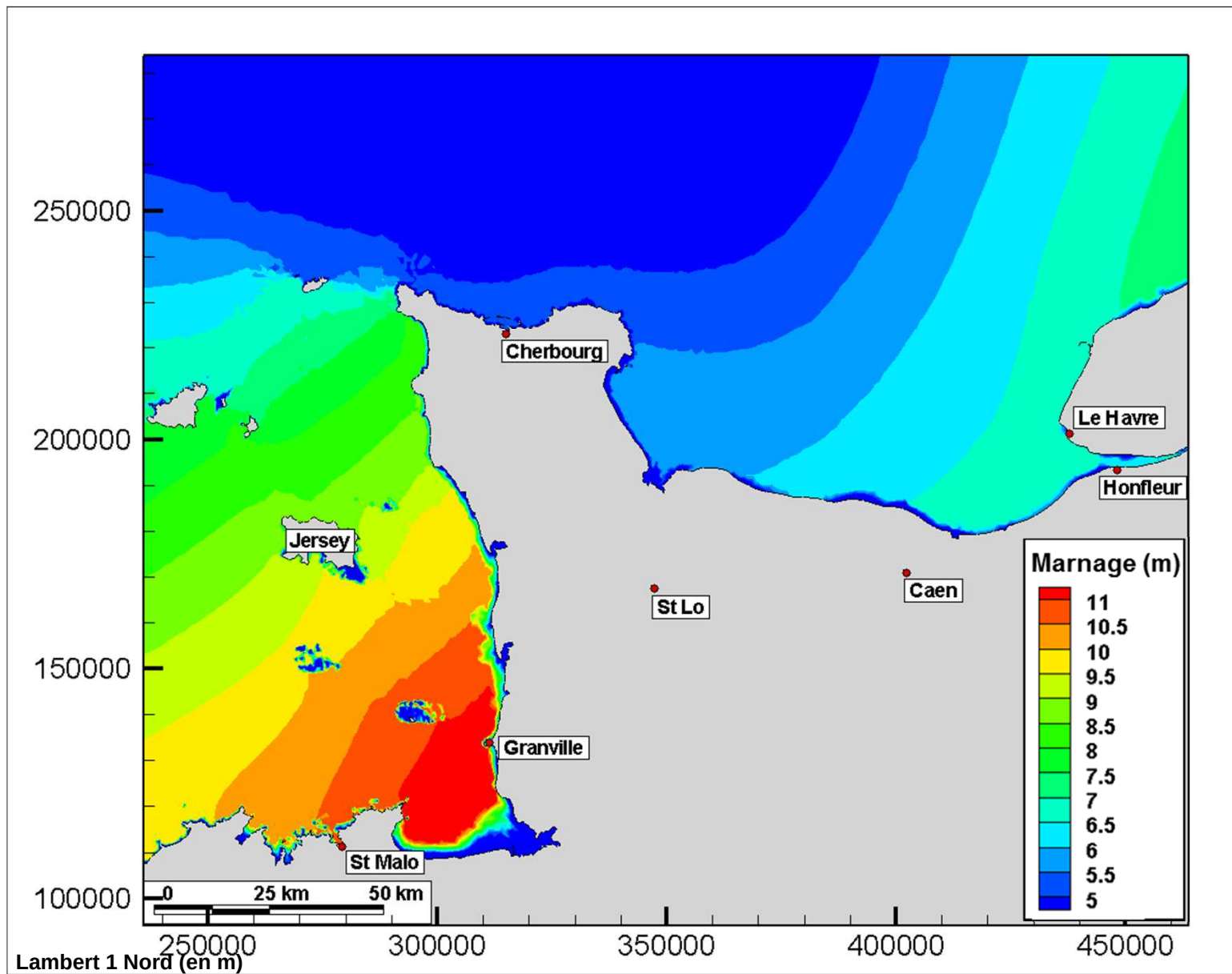
Figure 2 : Onde M2 : Amplitudes et Phases

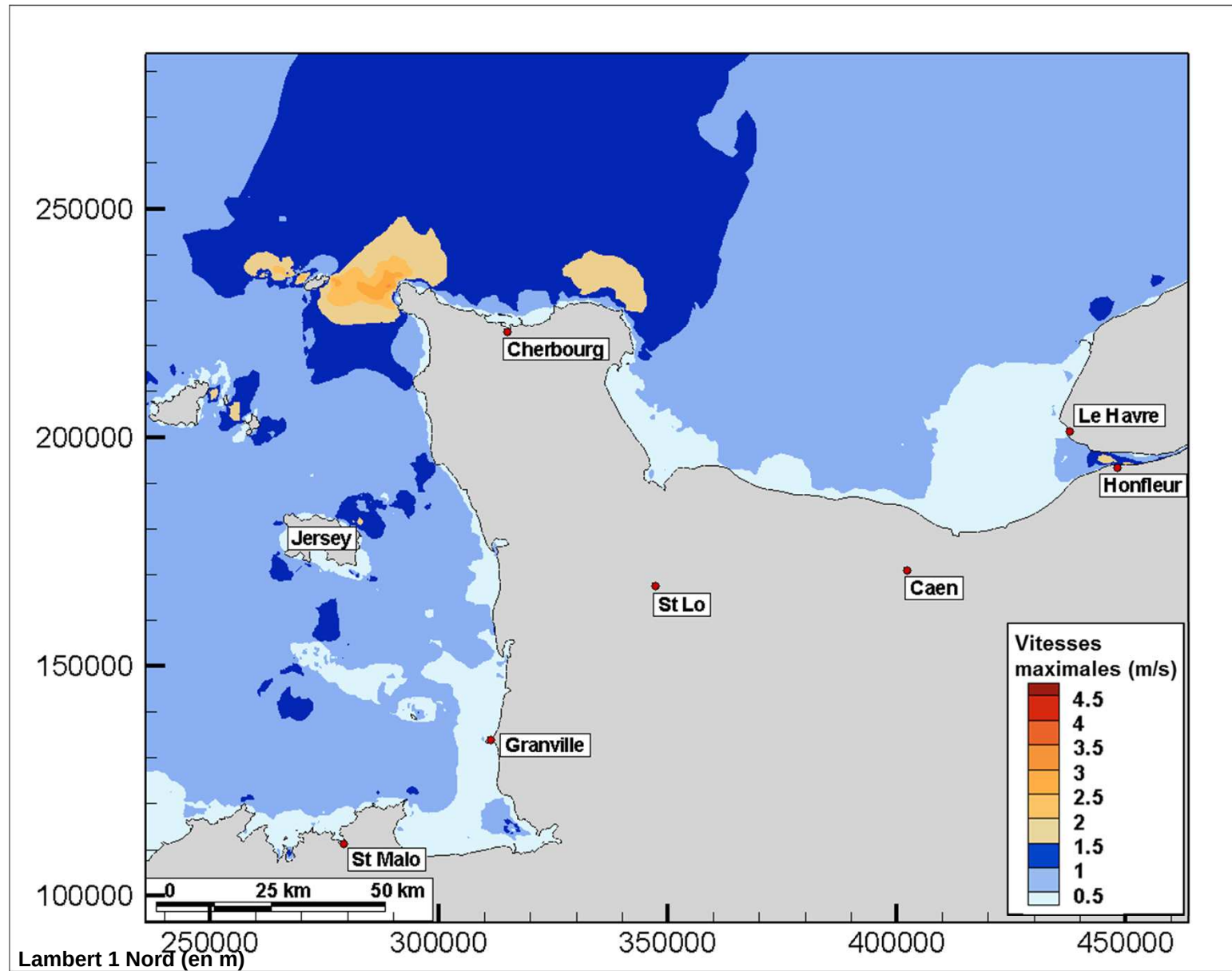
oOo

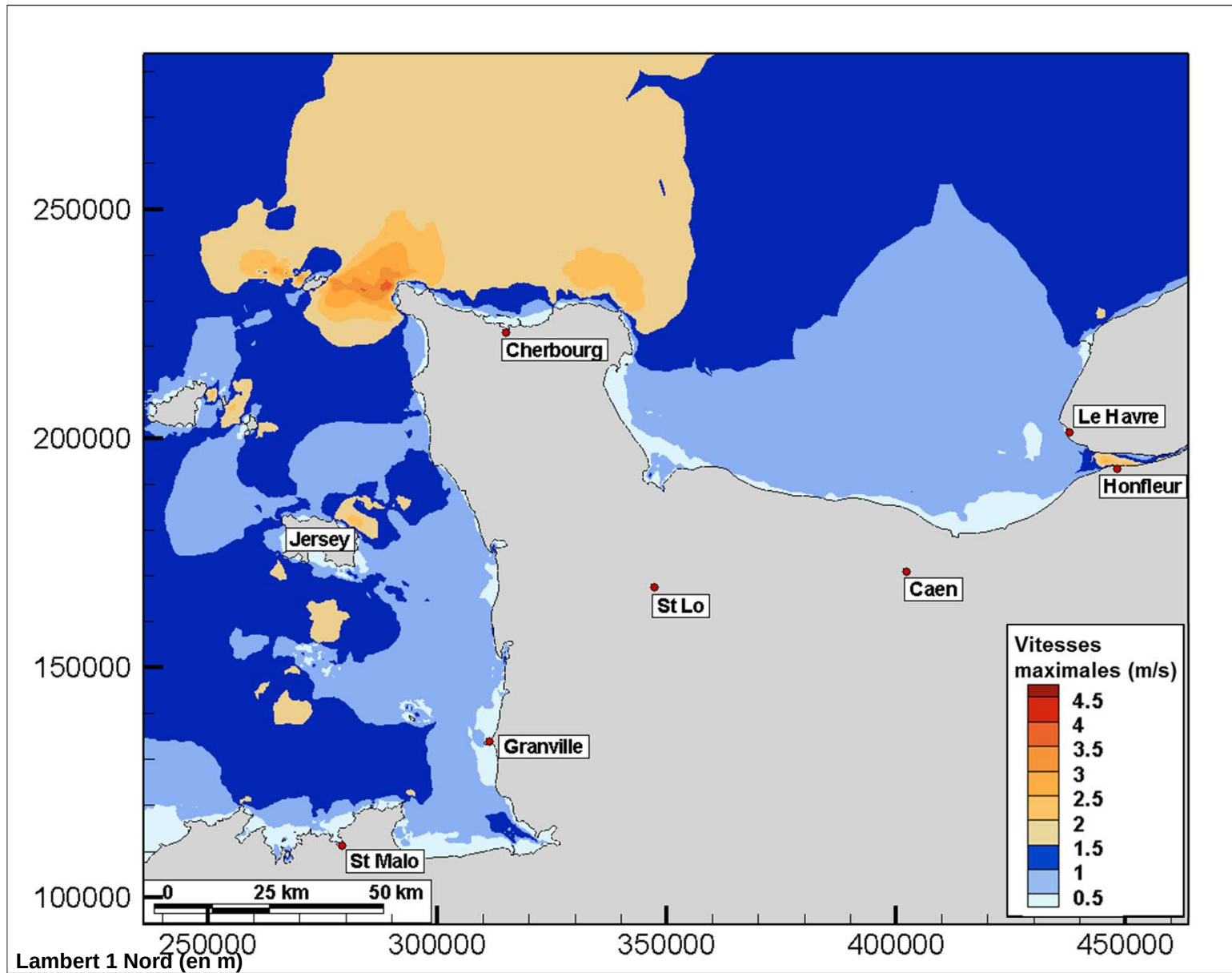
- Figure 9 : Modèle de la Manche : Marnage – Morte-eau – Coefficient 46
Figure 10 : Modèle de la Manche : Marnage – Marée moyenne – Coefficient 70
Figure 11 : Modèle de la Manche : Marnage – Vive-eau – Coefficient 94
Figure 12 : Modèle de la Manche : Vitesses maximales – Morte-eau – Coefficient 46
Figure 13 : Modèle de la Manche : Vitesses maximales – Marée moyenne – Coefficient 70
Figure 14 : Modèle de la Manche : Vitesses maximales – Vive-eau – Coefficient 94
Figure 15 : Modèle de la Manche : Vitesses énergétique moyenne des courants de marée
Figure 16 : Modèle de la Manche : Vitesses énergétique moyenne des courants de marée - zooms
Figure 17 : Modèle de la Manche : Puissance maximale instantanée des courants de marée
Figure 18 : Modèle de la Manche : Puissance maximale instantanée des courants de marée - zooms
Figure 19 : Modèle de la Manche : Puissance moyenne annuelle des courants de marée
Figure 20 : Modèle de la Manche : Puissance moyenne annuelle des courants de marée - zooms
Figure 21 : Modèle de la Manche : Energie annuelle des courants de marée
Figure 22 : Modèle de la Manche : Energie annuelle des courants de marée - zooms

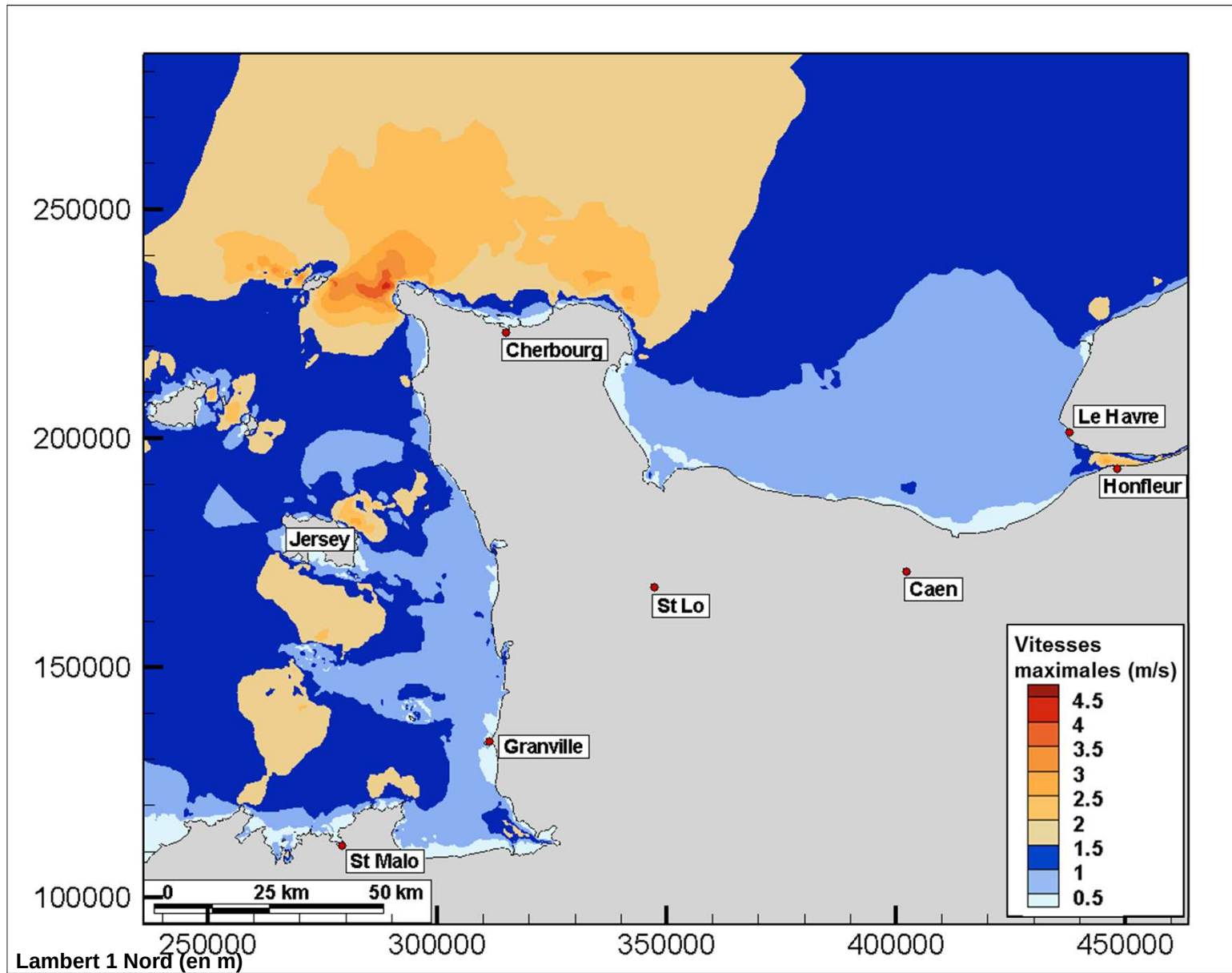


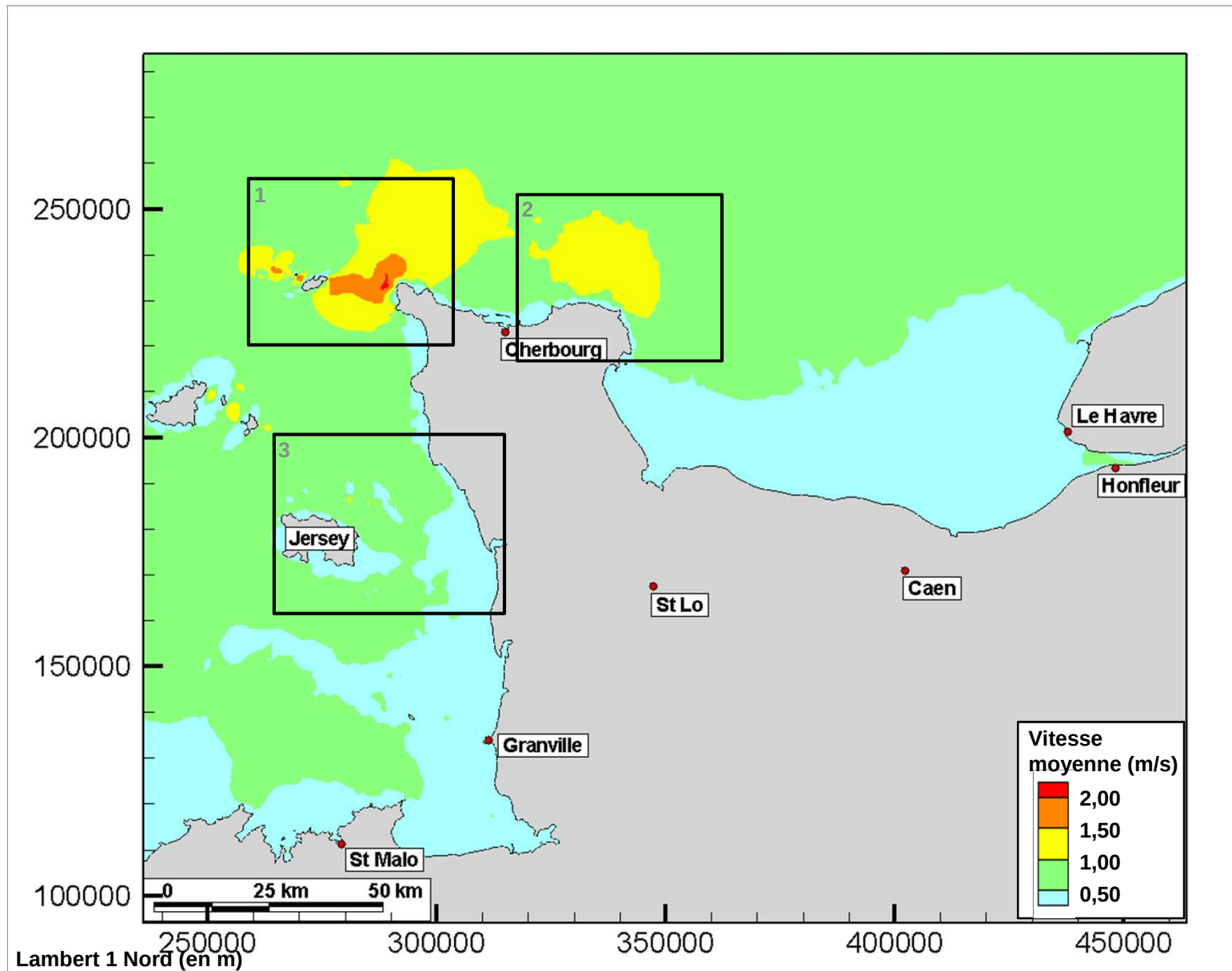




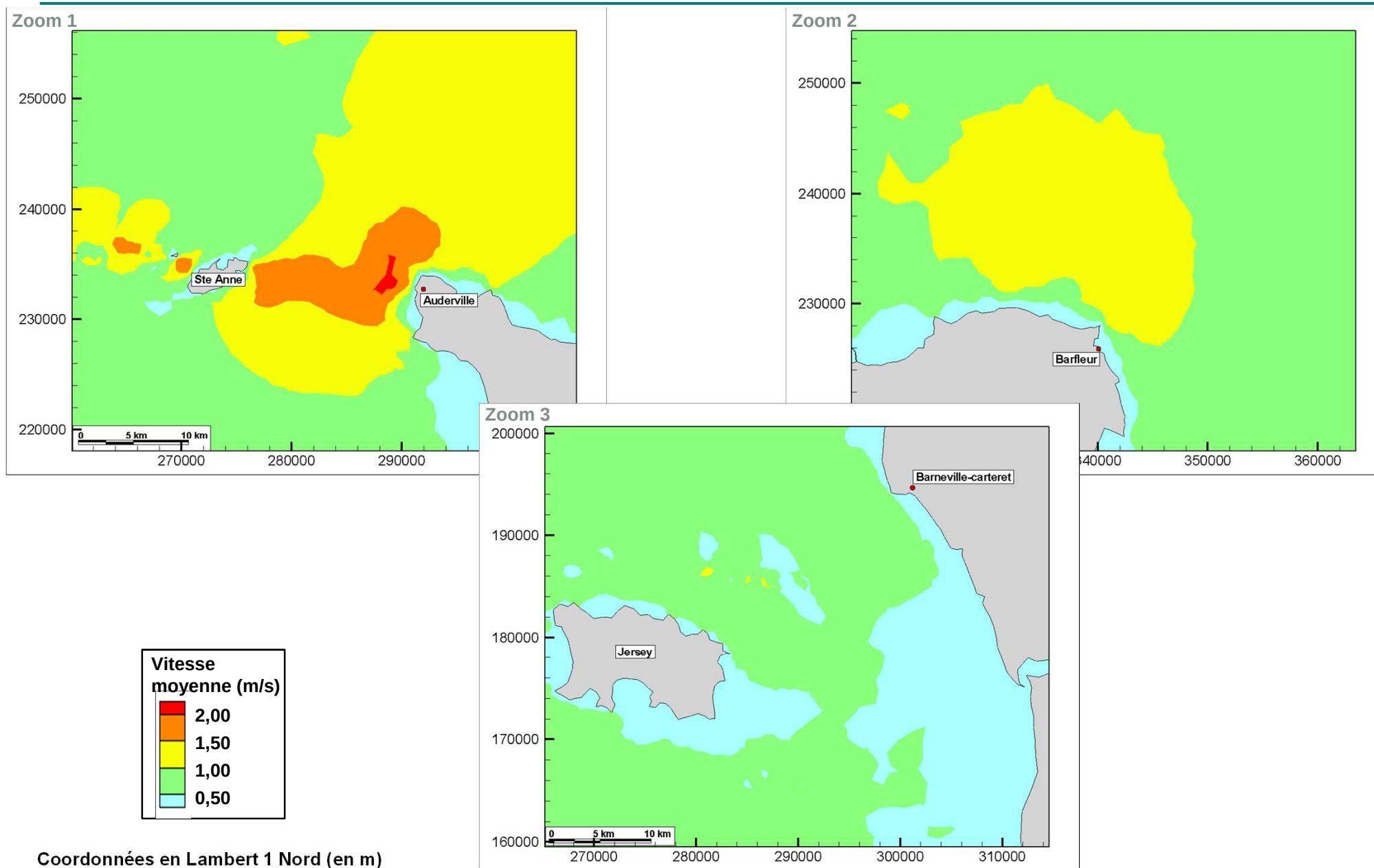


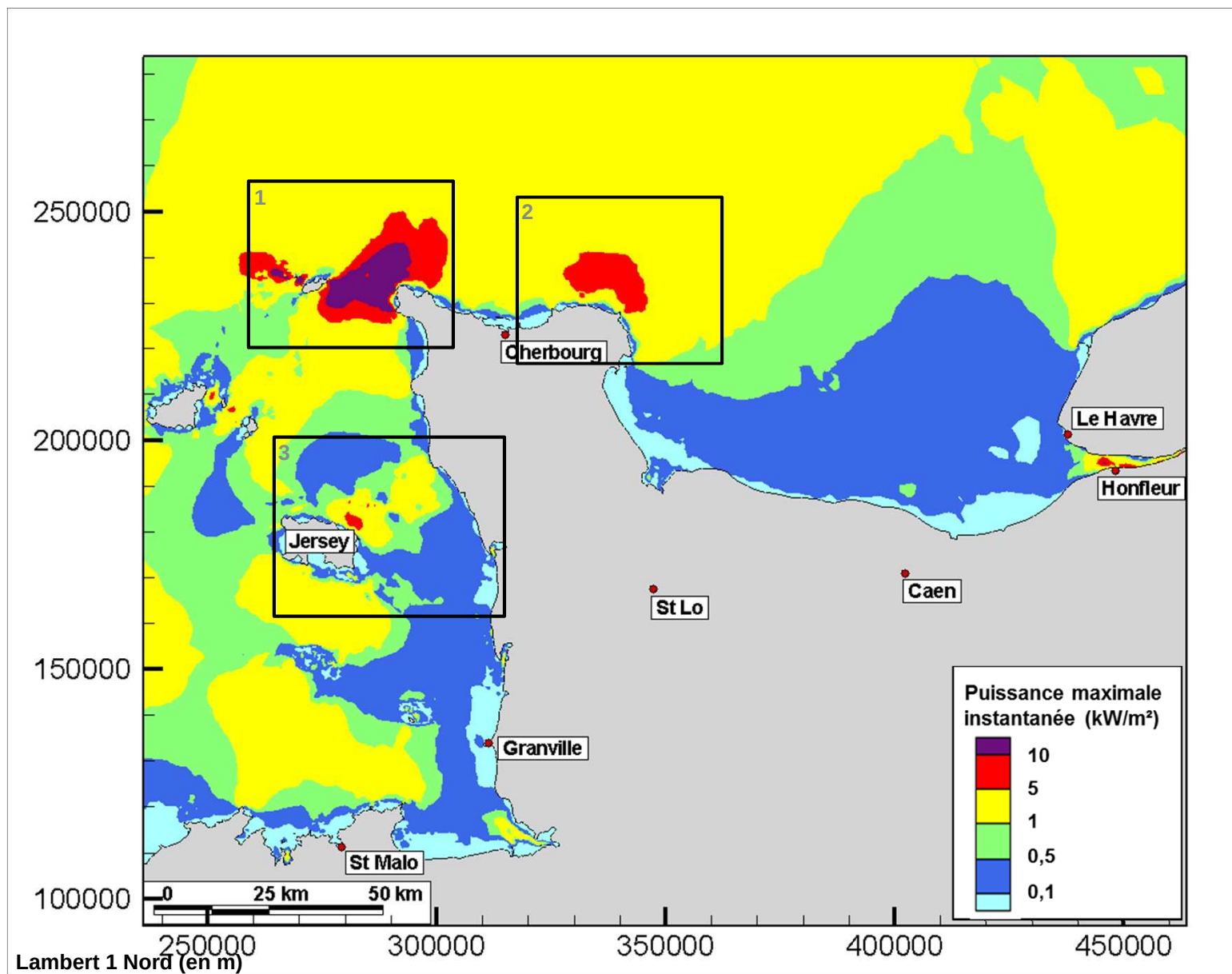




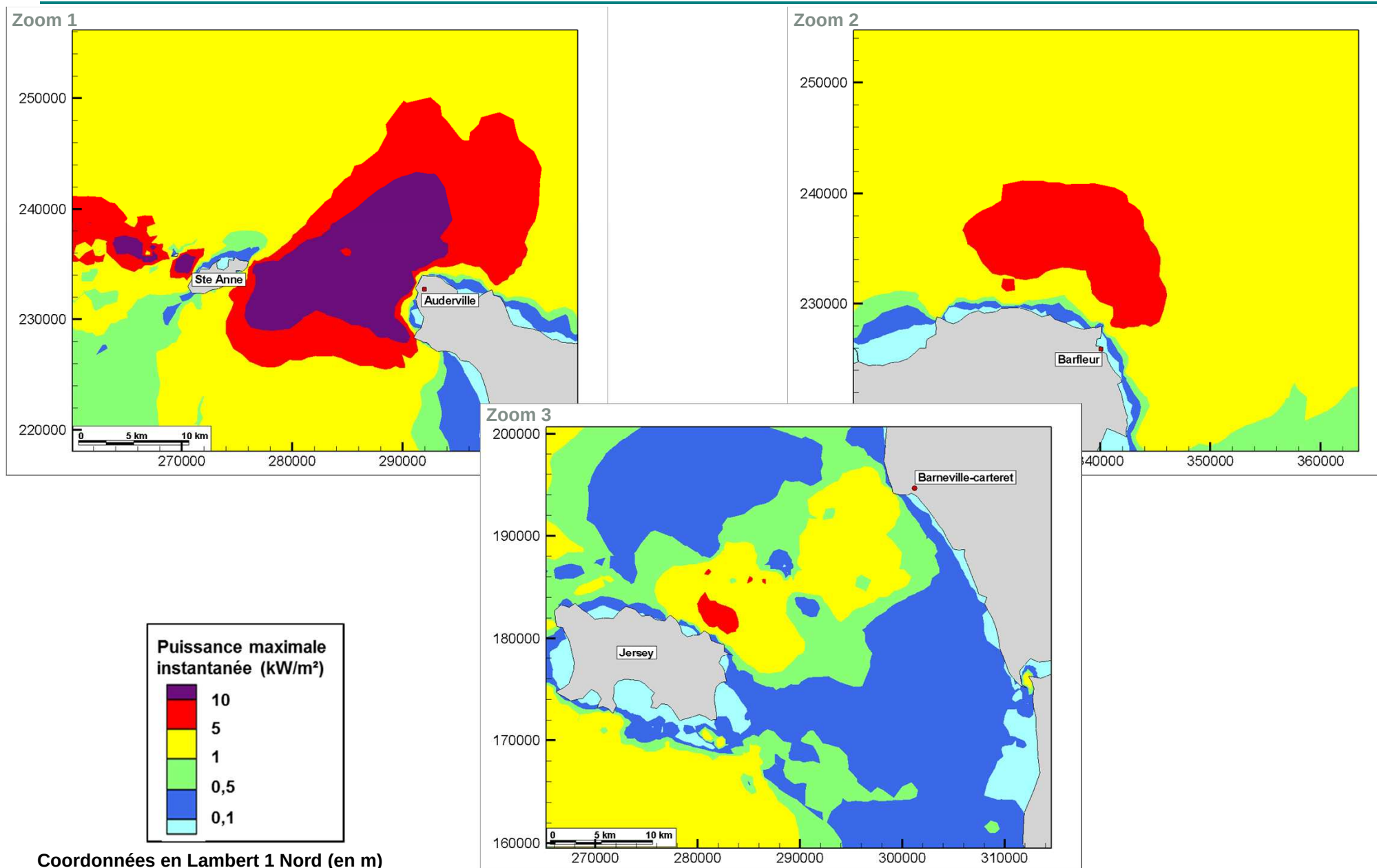


Modèle de la Manche: Vitesse moyenne annuelle des courants de marée - zooms

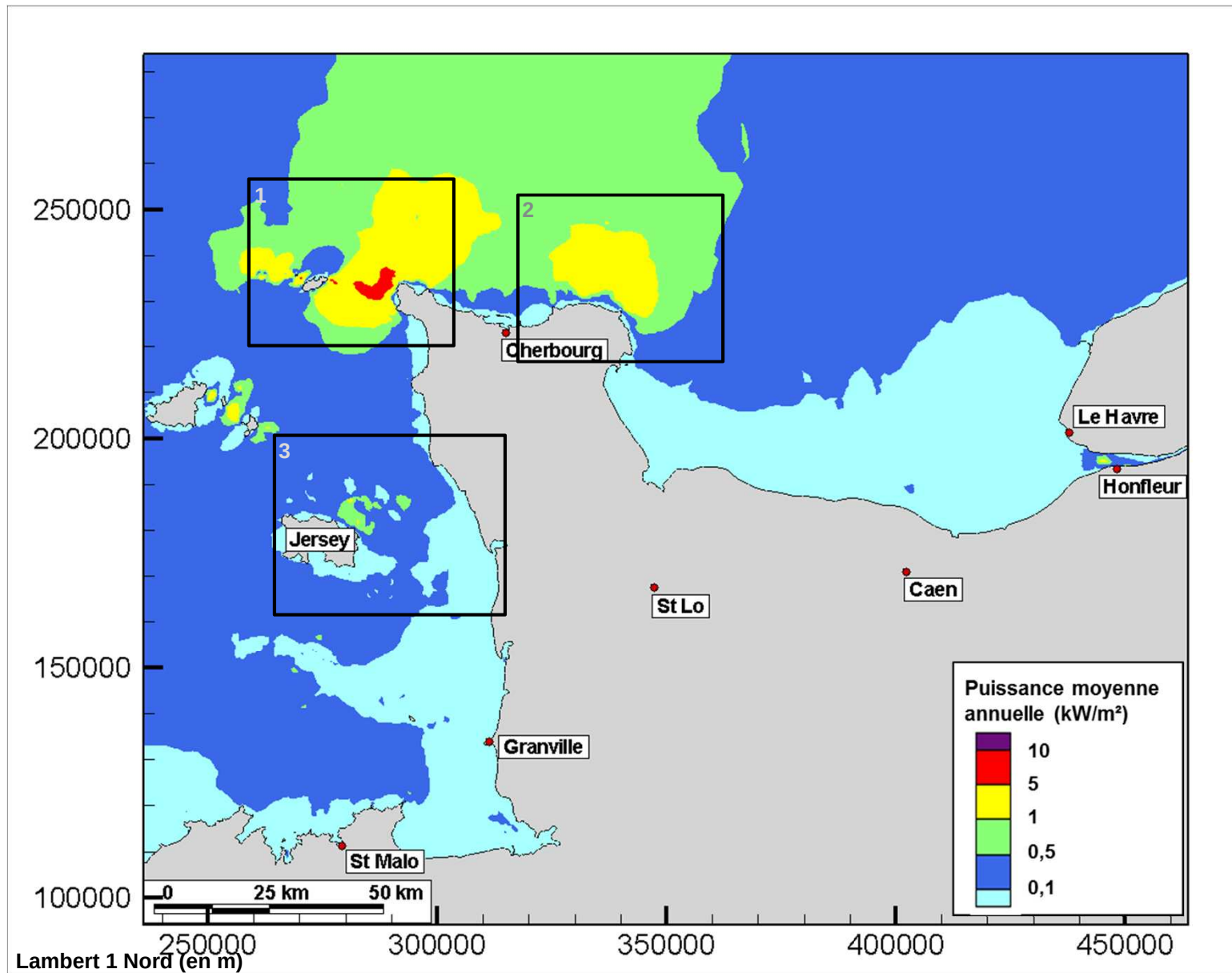




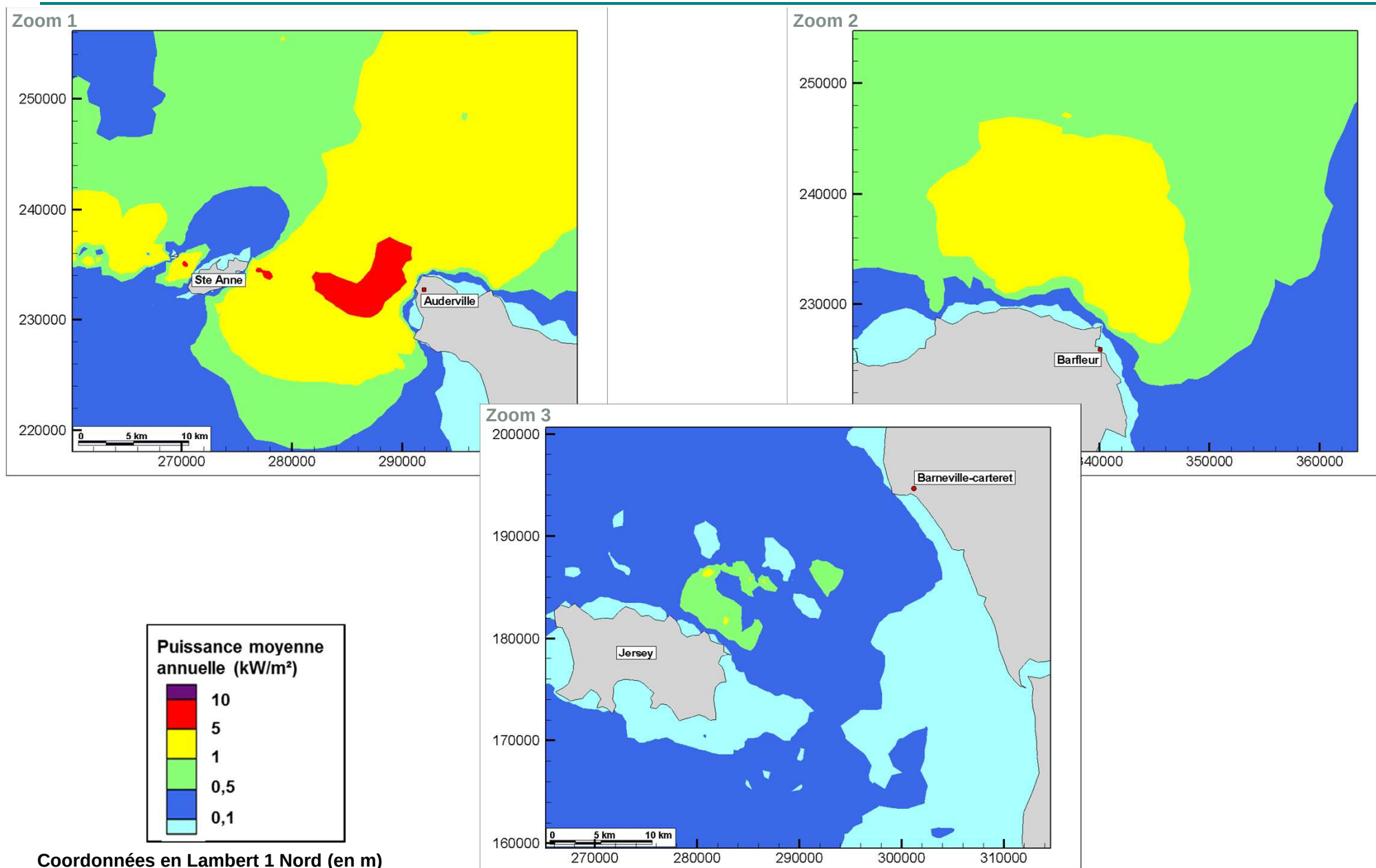
Modèle de la Manche: Puissance maximale instantanée des courants de marée - zooms

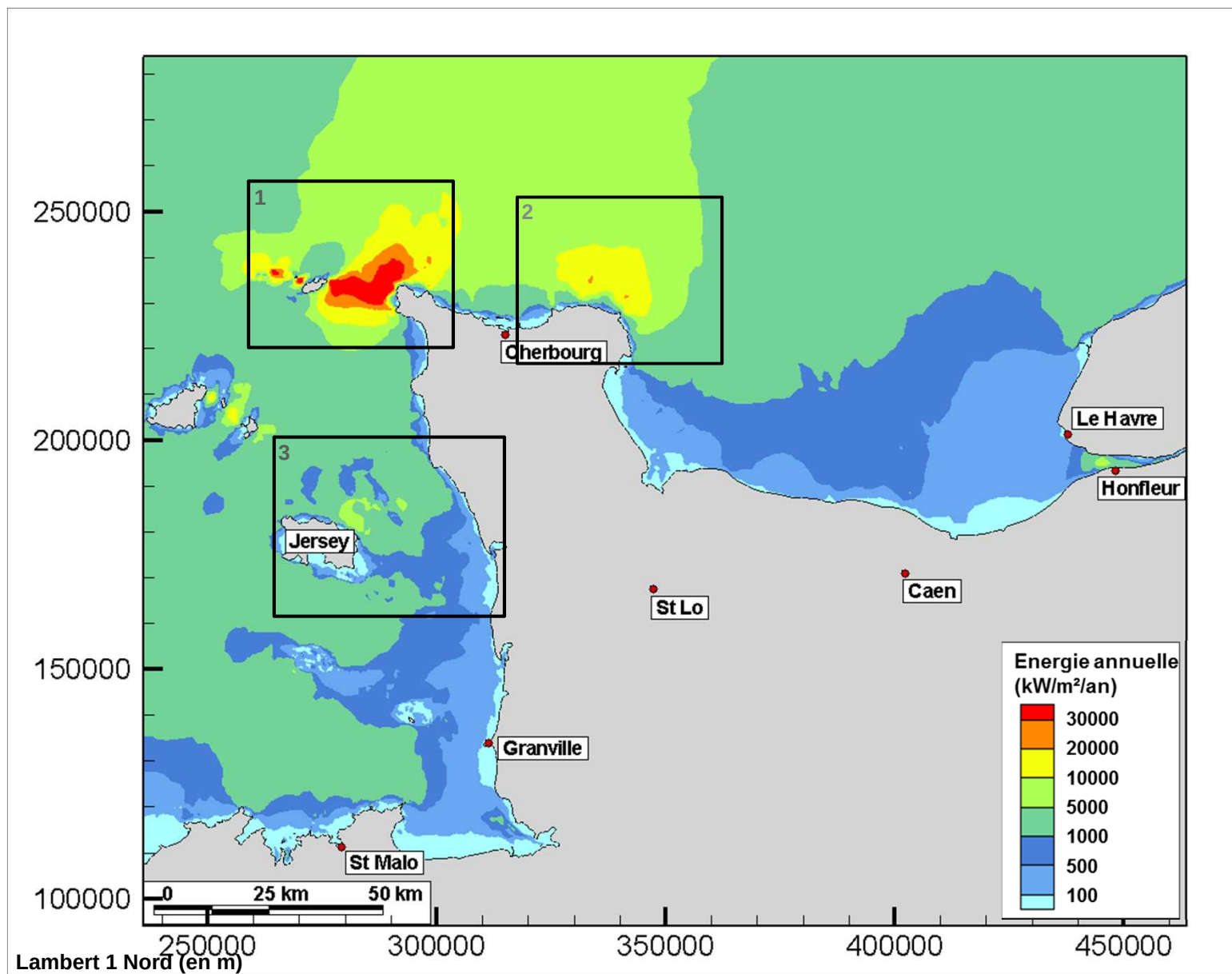


Modèle de la Manche: Puissance moyenne annuelle des courants de marée

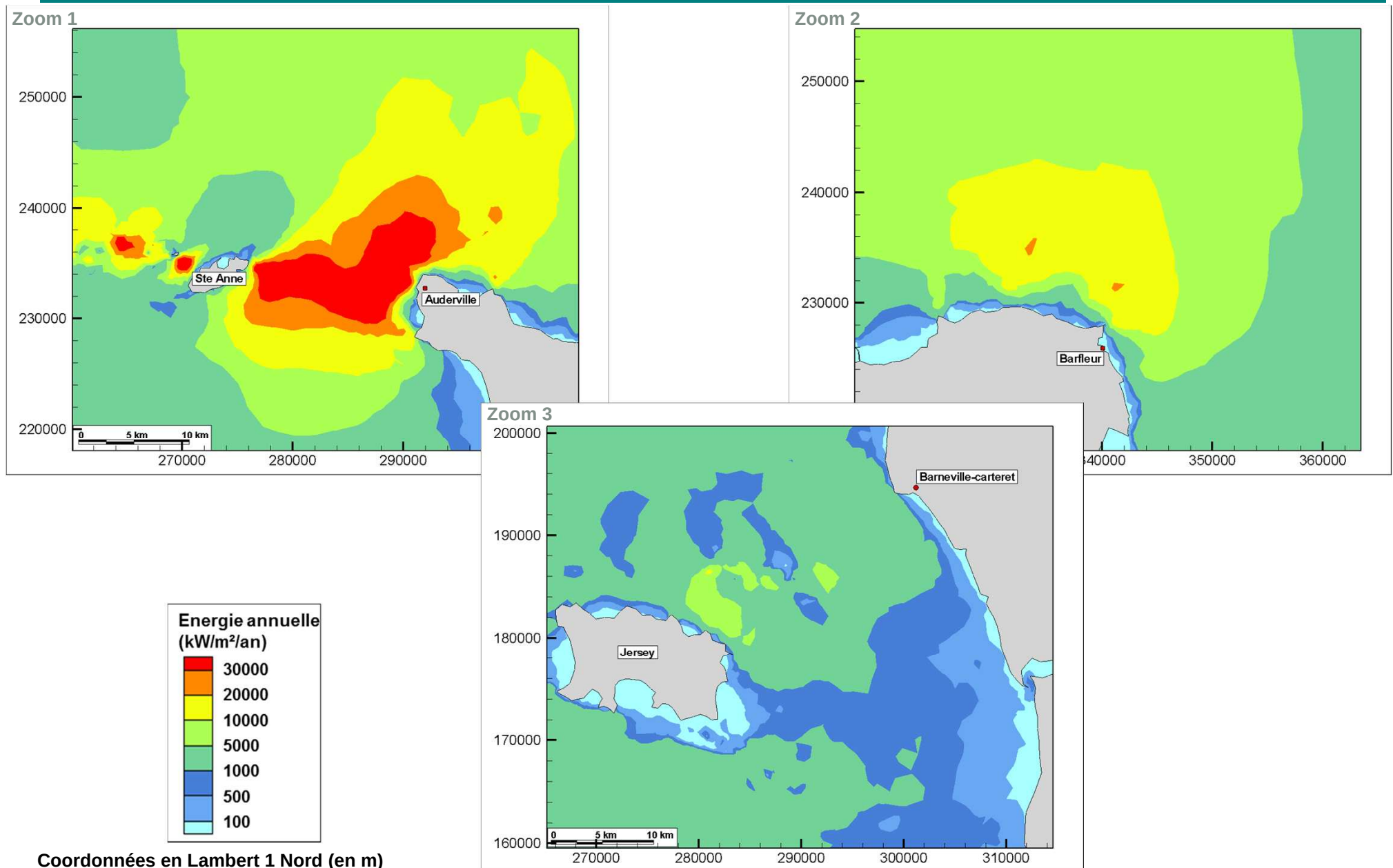


Modèle de la Manche: Puissance moyenne annuelle des courants de marée - zooms





Modèle de la Manche: Energie annuelle des courants de marée - zooms



**DETERMINATION DU POTENTIEL HYDROLIEN
EN BASSE-NORMANDIE**

ANALYSE DU CADRE JURIDIQUE ET REGLEMENTAIRE

RAPPORT FINAL

FEVRIER 2012

N°171 3186

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION.....	2
2. CADRE INTERNATIONAL	3
2.1. CADRE JURIDIQUE EN MER.....	3
2.1.1. PRINCIPE	3
2.1.2. LIMITE NATIONALES	3
2.1.3. SPECIFICITES DE LA FAÇADE OUEST COTENTIN.....	3
2.2. ENGAGEMENTS INTERNATIONAUX EN TERMES DE DEVELOPPEMENT DES ENERGIES RENOUVELABLES	5
3. ENGAGEMENTS EUROPEENS	6
4. CADRE NATIONAL.....	8
4.1. OBJECTIFS NATIONAUX	8
4.2. ACTIONS D'INCITATION ET FISCALITE APPLICABLE	8
4.2.1. TARIFICATION D'ACHAT	8
4.2.2. FINANCEMENT DES PROJETS : APPEL A MANIFESTATION D'INTERET DE L'ADEME (AMI) ET INVESTISSEMENT D'AVENIR	8
4.2.3. FISCALITE APPLICABLE AUX ENERGIES MARINES	9
4.3. EVOLUTIONS RECENTES LIEES AUX GRENELLES	9
4.3.1. GRENELLE DE L'ENVIRONNEMENT, 17 NOVEMBRE 2008, ANNONCE DU « PLAN DE DEVELOPPEMENT DES ENERGIES RENOUVELABLES DE LA FRANCE »	10
4.3.2. GRENELLE II « LOI PORTANT ENGAGEMENT NATIONAL POUR L'ENVIRONNEMENT (LOI N° 2010-788 DU 12 JUILLET 2010)	10
5. DOSSIERS REGLEMENTAIRES A DEPOSER DANS LE CAS D'UNE CREATION DE PARC HYDROLIEN OFFSHORE	12
6. BIBLIOGRAPHIE.....	13

oOo

1.

INTRODUCTION

L'objectif pour la France est d'atteindre 23 % d'énergies renouvelables dans la consommation d'énergie finale à l'horizon 2020. Avec ses zones maritimes de l'ordre de 11 millions de km², la France dispose d'un fort potentiel de développement pour les énergies renouvelables de la mer. On estime ce potentiel 400 MW pour l'énergie hydrolienne.

De nombreux acteurs économiques présents sur le territoire possèdent les compétences et l'expertise pour contribuer au développement de ces ressources marines. Les différentes énergies marines pourraient ainsi représenter environ 3 % de l'objectif à l'horizon 2020.

La Région Basse-Normandie, les acteurs économiques et industriels locaux sont fortement engagés dans le développement de la filière.

Une étude d'opportunité sur la valorisation des éléments et des ressources naturelles pour les éco-énergies en Basse-Normandie réalisée pour le compte de la MIRIADE en février 2010 mettait déjà en avant à la fois l'importance du gisement bas-normand (le Raz Blanchard est le site le plus énergétique au niveau national) et l'intérêt de la filière au niveau local (proximité des ports, compétences pour construction, assemblage des turbines etc ...) est fort.

En septembre 2010, un rapport du Conseil Economique, Social et Environnemental Régional (CESR) « Les Energies Marines Renouvelables (EMR) : Potentialités et perspectives en Basse-Normandie » soulignait à nouveau l'intérêt de ce type d'énergie marine sur le domaine marin régional.

Par ailleurs, plusieurs projets privés sont aujourd'hui en développement sur le territoire bas-normand.

Il est donc nécessaire pour les autorités administratives de bien connaître le gisement local qui dépend à la fois du gisement énergétique absolu (puissance des courants de marée) mais également des surfaces disponibles qui peuvent être fortement réduites du fait de contraintes physiques, environnementales ou encore par des contraintes d'usages côtiers et marins. Cela permettra ainsi d'avoir une vision objective et précise des possibilités locales.

Dans ce cadre, la DREAL Basse-Normandie a lancé une étude visant à définir le potentiel précis sur la zone régionale et déterminer les zones potentielles d'implantation.

L'objectif de cette étude est :

- De faire une synthèse des données existantes,
- D'identifier les sites marins mobilisables pour la production d'énergie et d'évaluer les degrés de contraintes à la mise en œuvre des technologies sur ces sites,
- D'évaluer les capacités maximales et productibles énergétiques mobilisables à court, moyen et long terme,
- De préciser les cadres juridiques et réglementaires de réalisation.

Cette note de contexte présente le cadre juridique et réglementaire relatif aux énergies marines sur le plan européen et national.

2. CADRE INTERNATIONAL

2.1. CADRE JURIDIQUE EN MER

2.1.1. PRINCIPE

Le cadre juridique en mer est défini essentiellement par la Convention des Nations Unies sur le Droit de la Mer (signée à Montego Bay en 1982 et ratifiée par la France en 1995).

Cette convention définit un certain nombre de zones maritimes, sous souveraineté / juridiction des États côtiers, en particulier :

- la mer territoriale (souveraineté jusqu'à 12 milles des lignes de base) ; en deçà de ces lignes, les eaux intérieures sont soumises au seul droit national. Le fond et le sous-sol de la mer territoriale et des eaux intérieures appartiennent au territoire national et font partie du domaine public maritime,
- la zone économique exclusive (ZEE, juridiction jusqu'à 200 milles des lignes de base) : l'Etat côtier peut, sous réserve des contraintes inhérentes à la navigation maritime, exploiter unilatéralement les ressources biologiques et non biologiques (dont l'énergie marine) et réglementer l'implantation de structures fixes (plateformes, tours, câbles...), mais doit permettre la navigation. Le fond et le sous-sol de la zone économique exclusive n'ont pas de statut clair : il n'existe actuellement pas de texte réglementaire général y régissant l'implantation de structures fixes ou de câbles.

2.1.2. LIMITE NATIONALES

Les principales réglementations définissant les limites nationales sont listées ci-après :

- Limite ZEE France – GB - Décisions rendues en 1977 et 1978 par un tribunal arbitral,
- Décret du 19/10/1967 définissant les lignes de bases droites et les lignes de fermeture des baies servant à la délimitation des lignes de base à partir desquelles est mesurée la largeur des eaux territoriales,
- Loi n°71-1060 du 24/12/1971 relative à la délimitation des eaux territoriales françaises,
- Loi 87-1157 du 03/12/1987 / Convention de Genève / Convention de Montego Bay - Limite des 24 milles de la ligne de base,
- Loi 86.2 dite « loi littoral » du 03/01/1986,
- Décret n°2004-309 du 29/03/2004 relatif à la procédure de délimitation du rivage de la mer, des lais et relais de la mer et des limites transversales de la mer à l'embouchure des fleuves et rivières,

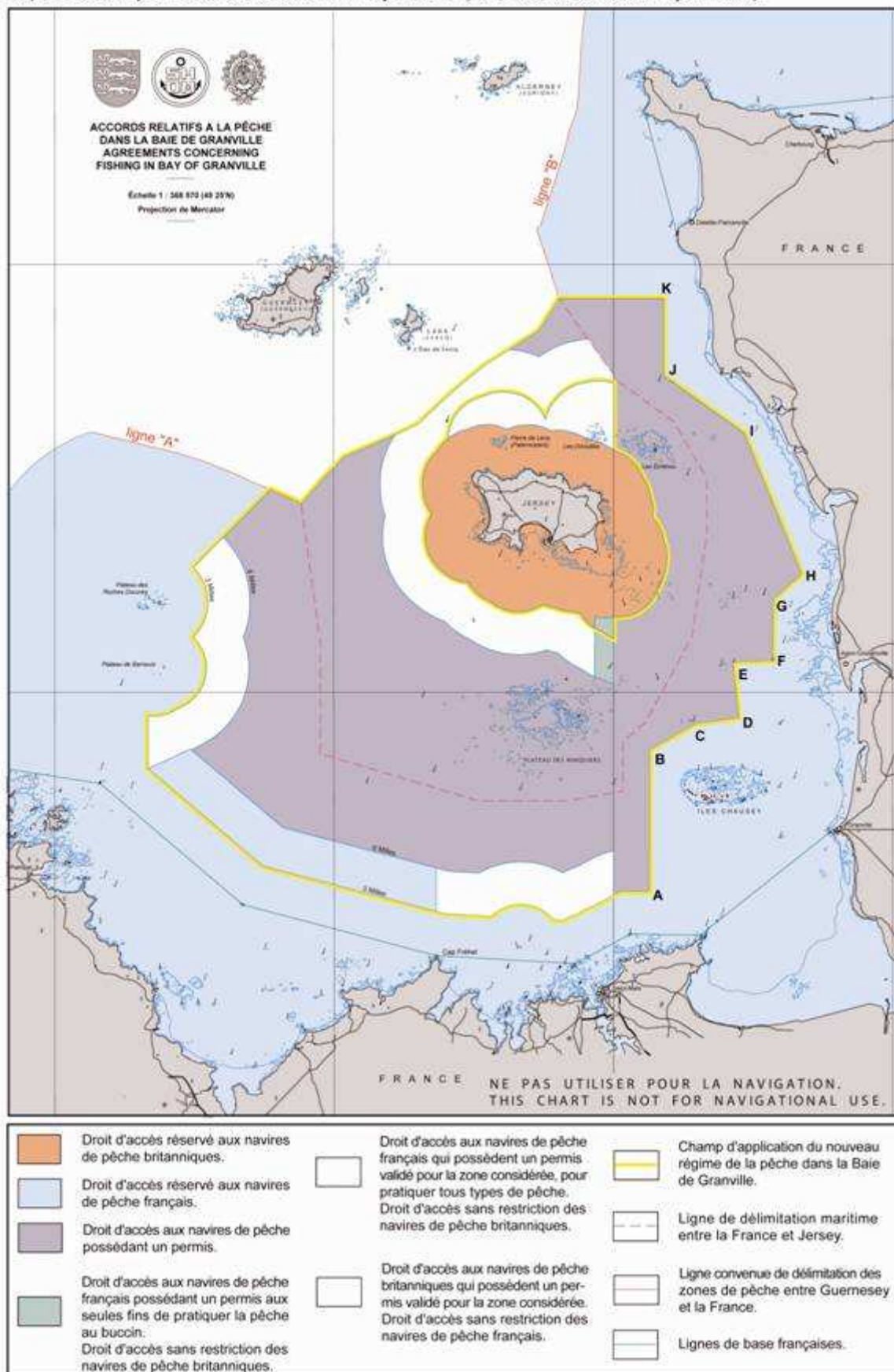
2.1.3. SPECIFICITES DE LA FAÇADE OUEST COTENTIN

La façade Ouest du Cotentin présente un certain nombre de spécificité concernant les limites territoriales et de pêche. Ces éléments sont représentés sur la figure suivante (source : SHOM) établis sur la base des accords du 4 juillet 2000. En particulier, on peut observer que :

- La délimitation entre Alderney et la France correspond à une délimitation convenue des zones de pêche entre Guernesey et la France
- La ligne de délimitation maritime entre la France et Jersey diffère de celle du régime de la pêche.

Cartographie des accords relatifs à la pêche dans le golfe normand-breton

D'après une carte parue dans "la lettre du SHOM" en juillet 2001 (sur la base des accords du 4 juillet 2000).



2.2. ENGAGEMENTS INTERNATIONAUX EN TERMES DE DEVELOPPEMENT DES ENERGIES RENEUVELABLES

Les principaux engagements internationaux, en termes de développement des énergies renouvelables, sont :

- le Sommet de Rio (1992) : il a le premier imposé à ses signataires, dont tous les pays européens, de mettre en place des programmes nationaux de réduction de gaz à effet de serre,
- le Protocole de Kyoto (1997) : il a fixé des engagements chiffrés pour les pays industrialisés, mais a laissé, aux États, la liberté du choix des moyens pour atteindre ces objectifs,
- le Sommet de Johannesburg (2002) : il a confirmé ces engagements en faveur des sources d'énergie renouvelables et encouragé à des partenariats.

L'action de l'ONU a été confortée par l'action d'autres organisations internationales comme l'OCDE ou le Conseil de l'Europe. Le thème a été également fortement repris par le G 8 qui, au sommet de Gleneagles (juillet 2005), a mis très nettement l'accent sur le développement des énergies renouvelables.

3. ENGAGEMENTS EUROPEENS

Le Conseil de l'Union Européenne, réuni les 8 et 9 mars 2007 à Bruxelles, a proposé une politique intégrée en matière de climat et d'énergie. Le Conseil a :

- approuvé l'objectif de 20% d'énergies renouvelables dans la consommation énergétique totale de l'Union européenne d'ici 2050,
- pris l'engagement unilatéral de réduire les émissions de gaz à effet de serre d'au moins 20% d'ici 2020 par rapport au niveau de 1990,
- souligné qu'il était nécessaire d'accroître l'efficacité énergétique afin d'atteindre l'objectif visant à économiser 20% de la consommation par rapport aux projections pour l'année 2020.

Ainsi, le paquet Energie-Climat présenté par la Commission Européenne le 23 janvier 2008 propose des solutions afin que l'Union européenne soit en mesure d'atteindre ces objectifs. L'objectif d'atteindre une part de 20% d'énergies renouvelables dans la consommation énergétique totale y est décliné sous forme d'objectifs nationaux contraignants : pour la France, cela revient à atteindre un objectif de 23% d'énergies renouvelables.

La Directive 2009/28/CE du Parlement et du Conseil du 23 avril 2009, marque un tournant dans l'utilisation des énergies renouvelables. Elle apparaît comme une sorte de "sur-code", susceptible de transformer en profondeur la politique énergétique des États et leurs réglementations :

- la nécessité d'appliquer des règles claires s'impose afin de motiver chercheurs et investisseurs,
- la modification des procédures juridiques des États est exigée afin de parvenir à une harmonisation des règles, condition de l'unité du marché, et d'un maximum d'efficacité (art 13) : ainsi les administrations en charge de délivrer les licences et autres autorisations doivent être objectives, transparentes, non discriminatoires et proportionnées. Ce qui suppose également un degré très élevé de coordination entre les instances compétentes. L'Union a parfaitement pris conscience de la nécessité urgente de les simplifier, dans un souci de convergence intra-communautaire : ainsi, la Directive souhaite que chaque État évite les distorsions manifestes de procédure par rapport aux autres États.

Afin de placer les États dans une situation d'obligation, la Directive a recours à trois techniques :

- o Les Etats devront délivrer les certificats de garantie afin d'informer l'opinion et les installateurs du degré de sources à énergie renouvelable dans l'énergie produite,
- o Les Etats devront créer des normes afin d'obliger les architectes et promoteurs à utiliser ce type de ressources,
- o l'édiction d'un calendrier de contrôle confié à la Commission, qui devra recevoir régulièrement des rapports sur la promotion des sources à énergie renouvelable. Ainsi, les États sont tenus à élaborer des plans d'action nationaux, contenant des mentions obligatoires sur les objectifs et les moyens, dont la Commission est chargée à la fois d'établir le modèle et de vérifier la conformité.

Ces contraintes impliquent des modifications du droit positif interne des États :

- Un encouragement est donné aux initiatives conjointes de manière à ce que l'énergie puisse circuler librement dans toute l'Union. Une attention est portée aux problèmes de raccordement et l'État se voit contraint d'accepter en priorité l'électricité des sources à énergie renouvelable et d'organiser son réseau en fonction de cet impératif,
- Afin de s'assurer de la bonne exécution de ces différentes mesures, la directive installe un système d'exécution obligeant les États à rendre compte de leurs progrès. Ainsi le 31 décembre 2011 (art 22) la Commission doit recevoir un premier rapport qui devra être suivi d'autres tous les deux ans (jusqu'au 31 décembre 2021). Devront y figurer les mesures d'aides, le fonctionnement des certificats de garantie, les progrès et améliorations des procédures administratives, les mesures assurant le transport, la réduction attendue des gaz à effet de serre...,
- L'État devra préciser s'il a l'intention (art 22-3) de « *mettre en place un organisme administratif unique chargé de toutes les autorisations, de faire l'inventaire des lieux les mieux appropriés à ces installations et, s'il a bien prévu de rendre des avis favorables chaque fois que son administration aura dépassé les délais prescrits* ».

Il s'agit véritablement d'une Charte commune contraignant les États à modifier leur législation afin de respecter les obligations communautaires.

Remarque concernant le règlement sur les réseaux transeuropéens : la création de réseaux transeuropéens fait partie intégrante des objectifs communautaires. Elle est même une des conditions essentielles de l'unification du marché (art 154-TCE). Mais c'est probablement une des plus délicates à mettre en place : elle se confronte à l'organisation que chaque État a mis en place pour satisfaire à son propre bouquet énergétique. L'interconnexion des réseaux dans un système de libre concurrence, aussi indispensable soit-elle, se heurte à des monopoles déjà en place, mais également à la volonté des États de ne pas perdre leur maîtrise sur ce secteur vital.

4.CADRE NATIONAL

4.1. OBJECTIFS NATIONAUX

Décliné au niveau de la France, l'objectif européen est de 23 %. La France a traduit son engagement au travers des objectifs du Grenelle de l'environnement et du Grenelle de la mer.

Dans ce cadre, les énergies renouvelables en général et les énergies marines en particulier bénéficient d'un soutien public présenté ci-après et donc d'un contexte législatif et économique qui tend à devenir plus favorable. L'objectif pour les énergies marines est de 6 000 MW à l'horizon 2020, essentiellement sous forme d'éolien marin ; pour autant les technologies moins matures comme l'énergie des courants, l'énergie de la houle et l'énergie thermique de la mer ne sont pas oubliées et bénéficient d'un soutien fort de l'Etat et des Régions.

Cependant, la France accuse un retard par rapport à nombre de pays européens, tout particulièrement le Royaume Uni, l'Allemagne, l'Irlande, le Portugal.

4.2. ACTIONS D'INCITATION ET FISCALITE APPLICABLE

4.2.1. TARIFICATION D'ACHAT

Afin de donner un signal pérenne aux opérateurs, des tarifs d'achat dédiés ont été mis en place pour l'ensemble des énergies marines par arrêtés du 10 juillet 2006 et du 1er mars 2007 pour les montants suivants :

- 13 c €/kWh pendant 10 ans pour l'éolien offshore, puis 3 à 13 c €/kWh pendant 10 ans selon la durée annuelle de fonctionnement des installations,
- 15 c €/kWh pendant 20 ans pour les installations utilisant l'énergie houlomotrice, marémotrice ou hydrocinétique.

Ces tarifs de rachat doivent permettre aux porteurs de projets de dimensionner leurs projets en fonction d'un équilibre économique global et a ainsi un impact direct sur le choix des zones et des technologies. Il est aussi important de rappeler que la rémunération de la puissance injectée est faite à partir de la contribution au service public de l'électricité (CSPE) acquittée par l'ensemble des consommateurs d'électricité.

4.2.2. FINANCEMENT DES PROJETS : APPEL A MANIFESTATION D'INTERET DE L'ADEME (AMI) ET INVESTISSEMENT D'AVENIR

4.2.2.1. APPEL A MANIFESTATION D'INTERET DE L'ADEME

Dans le cadre de la stratégie nationale de recherche dans le domaine de l'énergie (SNRE), de la stratégie nationale de recherche et d'innovation (SNRI) et suite aux recommandations du Comité Opérationnel « Recherche » du Grenelle de l'Environnement (article 19 Loi Grenelle 1), le gouvernement a décidé la création d'un fonds de soutien à la mise au point de démonstrateurs de recherche sur les nouvelles technologies de l'énergie (NTE), dont la gestion a été confiée à l'ADEME.

Les trois ministères de tutelles du fonds démonstrateur de recherche ont demandé à l'ADEME de lancer en 2009 un appel à manifestations d'intérêt (AMI) concernant la thématique des énergies marines. Le montant annoncé était à l'époque de l'ordre de 100 M€.

Cet appel à manifestation d'intérêt a ainsi été lancé en juillet 2009 pour une remise mi-octobre 2009.

Pour les énergies marines, les 5 lauréats sont : SABELLA D10 (hydrolienne), WINFLO (éolien flottant), VERTIWIND (éolien flottant), ORCA (hydrolien) et S3 (nouveau système de production d'énergie renouvelable).

4.2.2.2. INVESTISSEMENT D'AVENIR

Les Investissements d'Avenir s'inscrivent dans la phase la plus proche du déploiement sur le marché des activités de Recherche, Développement et Innovation de l'ADEME.

Fort du succès du Fonds Démonstrateur de Recherche et de son expérience éprouvée dans l'accompagnement de l'innovation, l'ADEME s'est vu confier par l'Etat, la gestion des Investissements d'Avenir relevant de ses champs de compétences, en particulier les démonstrateurs et plateformes technologiques en énergies renouvelables et chimie verte (budget pour les actions démonstrateurs énergies renouvelables et chimie verte : 1350 M€).

Les AMI ont été intégrés dans le dispositif Investissements d'Avenir. Les lauréats pour les énergies marines sont donc : SABELLA D10 (hydrolienne), WINFLO (éolien flottant), VERTIWIND (éolien flottant), ORCA (hydrolien) et S3 (nouveau système de production d'énergie renouvelable).

4.2.3. FISCALITE APPLICABLE AUX ENERGIES MARINES

L'occupation temporaire du domaine public à des fins privatives par toute personne donne lieu, outre les autorisations préalables, au paiement d'une redevance pour occupation du domaine public. Elle comprend une part fixe forfaitaire par machine installée, et une part variable en fonction de la puissance installée.

L'arrêté du 2 avril 2008 précise les modalités de calcul de la redevance :

- un premier élément, fixe, de 1 000 € par unité de production et de 1 € par mètre linéaire de raccordement (sur le domaine public uniquement),
- un deuxième élément, variable, de 6 000 € par MW installé.

Dans le cadre de l'occupation du domaine public maritime, et donc pour l'éolien offshore, un abattement de 50 % par mètre linéaire de raccordement est appliqué, et le deuxième élément est ramené à 4 000 € par MW installé.

Des adaptations réglementaires seront probablement réalisées pour les énergies marines (ce calcul ayant été établi pour l'éolien offshore).

4.3. EVOLUTIONS RECENTES LIEES AUX GRENELLES

Le cadre juridique relatif aux énergies marines est en cours d'élaboration. Ce paragraphe présente les différentes étapes récentes qui ont conduit à la construction du droit des EMR.

Ce travail est en grande partie repris du travail réalisé par les cabinets PARMENION et ALLEGANS dans le cadre de l'étude. Une planification et une concertation pour l'implantation de projets énergétiques en mer – éléments et données de contexte – recommandations pour une concertation régionale réalisée pour le compte de la Région Bretagne (rapport d'étape décembre 2009).

4.3.1. **GRENELLE DE L'ENVIRONNEMENT, 17 NOVEMBRE 2008, ANNONCE DU « PLAN DE DEVELOPPEMENT DES ENERGIES RENOUVELABLES DE LA FRANCE »**

Dans le cadre de la démarche, la production d'énergie à partir de l'éolien en mer fait alors l'objet de 3 mesures dédiées :

- mesure n°26 : la procédure sera très nettement simplifiée, avec la suppression des Zones de Développement Eolien ;
- mesure n°27 : une instance de concertation et de planification sera créée pour chaque façade maritime, sous l'égide du préfet maritime et des préfets de département. Cette instance, qui rassemblera l'ensemble des parties prenantes, aura pour mission d'identifier des zones propices au développement de l'éolien en mer, au regard des différentes contraintes (usage de la mer, radars, réseau électrique...). Les porteurs de projets seront invités à privilégier ces zones ;
- mesure n°28 : une procédure sera créée pour faciliter l'installation de parcs éoliens dans la Zone Economique Exclusive.

Cet ensemble de mesures a déjà eu des conséquences, en particulier sur l'approche « procédure » mais également sur l'approche « données » tout en initiant une démarche de planification de la part de l'Etat.

Concernant en particulier la mesure n°28, l'Etat devra s'appuyer sur les compétences que lui accorde l'article 56 de la Convention de Montego Bay de 1982 sur le Droit de la mer, en matière de production d'électricité à partir de l'énergie du vent, des courants et de la houle dans la Zone Economique Exclusive.

Parallèlement à cette évolution du contexte juridique issue du Grenelle de l'environnement, il convient de noter une autre évolution d'initiative législative.

4.3.2. **GRENELLE II « LOI PORTANT ENGAGEMENT NATIONAL POUR L'ENVIRONNEMENT (LOI N°2010-788 DU 12 JUILLET 2010)**

Les éléments essentiels pouvant avoir des conséquences sur l'étude, et examinés sont :

- Création du Schéma Régional du climat de l'air et de l'énergie. Ce schéma, remplaçant les plans régionaux pour la qualité de l'air, doit être proposé et présenté à l'organe délibérant du Conseil régional avant d'être arrêté par le Préfet de région,
- Modifications au Code général des collectivités territoriales pour ses dispositions relatives à l'exploitation des installations par des collectivités publiques, et aux ZDE telles qu'issues de la loi du 10 février 2000 relative à la modernisation et au développement du service public de l'électricité. La Loi porte engagement national pour l'environnement précise les l'application du régime des ICPE (Installations classées pour la Protection de l'Environnement) pour les installations éoliennes à terre,
- Relèvement des plafonds de redevance pour l'énergie hydraulique,
- Raccordement – zone d'atterrissage :

Le raccordement à terre est assujéti à la Loi Littoral qui comprend des dispositions intégrées dans le Code de l'Urbanisme (livre premier, chapitre VI, dispositions particulières au littoral), dans le Code de l'environnement (livre III, titre deuxième, littoral). Ainsi, le Code de l'Urbanisme fixe notamment deux grands principes :

- o en dehors des espaces urbanisés, les constructions ou installations sont interdites sur une bande littorale de 100 m à compter de la limite haute du rivage (art. L. 146-4 III du Code de l'urbanisme) ;
- o des dispositions sont prises pour préserver les espaces terrestres et marins, sites et paysages remarquables ou caractéristiques du patrimoine naturel et

culturel du littoral, et les milieux nécessaires au maintien des équilibres biologiques (art. L.146-6 du Code de l'urbanisme).

L'article 167 de la Loi n°2010-788 du 12 juillet 2010 (Grenelle II) modifie l'alinéa du III de l'article L.16-4 du Code de l'Urbanisme :

« Cette interdiction ne s'applique pas aux constructions ou installations nécessaires à des services publics ou à des activités économiques exigeant la proximité immédiate de l'eau, et notamment aux ouvrages de raccordement aux réseaux publics de transport ou de distribution d'électricité des installations marines utilisant les énergies renouvelables. Leur réalisation est toutefois soumise à enquête publique réalisée conformément au chapitre III du titre II du livre Ier du code de l'environnement. Un décret en Conseil d'Etat fixe les conditions de réalisation des ouvrages nécessaires au raccordement aux réseaux publics de transport ou de distribution d'électricité des installations marines utilisant les énergies renouvelables. Les techniques utilisées pour la réalisation de ces raccordements sont souterraines et toujours celles de moindre impact environnemental. ».

Le décret définit, en application de dispositions résultant de la loi du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement relative au droit de l'urbanisme applicable en zone littorale et de l'article L.421-5 du code de l'urbanisme, les constructions dispensées de formalité au titre du Code de l'Urbanisme, en raison de leur nature et de leur implantation sur le domaine public maritime, à savoir les installations de production d'électricité à partir de sources d'énergie renouvelable :

- l'article 1 de ce décret modifie l'article L.146-2 du code de l'urbanisme en précisant :
*« peuvent être implantés dans les espaces et milieux mentionnés à cet article, après enquête publique dans les cas prévus par les articles R. 123-1 à R. 123-33 du code de l'environnement, les aménagements légers suivants, à condition que leur localisation et leur aspect ne dénaturent pas le caractère des sites, ne compromettent pas leur qualité architecturale et paysagère et ne portent pas atteinte à la préservation des milieux :
f. Les ouvrages souterrains de raccordement aux réseaux publics de transport ou de distribution d'énergie, destinés à desservir les installations de production d'électricité à partir de sources d'énergie renouvelables, situées sur le domaine public maritime immergé ».*

Ceci implique, néanmoins, des contraintes fortes de réalisation : une quasi-obligation de faire un forage au niveau de la zone d'atterrage.

- L'article 2 de ce décret modifie l'article R.421-8 du Code de l'Urbanisme en ajoutant un article R.421-8-1 qui précise :
« Art. R.421-8-1 : En application de l'article L.421-5, sont dispensées de toute formalité au titre du présent code, en raison de leur nature et de leur implantation sur le domaine public maritime immergé au-delà de la laisse de la basse mer, les installations de production d'électricité à partir de sources d'énergie renouvelable, et notamment les éoliennes, les hydroliennes, les installations houlomotrices et marémotrices, et celles utilisant l'énergie thermique des mers. »

Ainsi, les constructions d'hydroliennes en mer sont dispensées de permis de construire.

- L'article 5 (tableau annexé à l'article R.122-2 du Code de l'Environnement issu de la réforme des études d'impact) précise que les ouvrages souterrains de raccordement aux réseaux publics d'électricité à partir de sources d'énergie renouvelable, situées sur le domaine public maritime immergé, sont soumis à étude d'impact systématique et par conséquent à enquête publique, conformément au deuxième alinéa du III de l'article L.146-4 du Code de l'Urbanisme (qui soumet à enquête publique la réalisation de ces ouvrages de raccordement aux réseaux publics d'électricité).

5. DOSSIERS REGLEMENTAIRES A DEPOSER DANS LE CAS D'UNE CREATION DE PARC HYDROLIEN OFFSHORE

Dans le cas d'une création de parc hydrolien en mer, il pourra être envisagé de déposer les dossiers suivants :

- Etude d'impact : ce type de projet est soumis à étude d'impact, conformément aux articles L 122-1 et suivants du Code de l'Environnement,
- Demande d'autorisation au titre du Code de l'Environnement : cette autorisation couvre les travaux réalisés sur le milieu marin. Elle permet au pétitionnaire de poser les machines et de procéder à l'installation du câble sur le sol ou à son ensouillage dans le sous-sol de la mer,
- Demande de demande d'occupation du domaine public maritime : le dossier a pour objet l'obtention de l'autorisation d'occuper le domaine public maritime pendant toute la durée d'exploitation du parc,
- Dossier d'évaluation des incidences Natura 2000 (L.414-4 du code de l'Environnement),
- Dossier d'enquête publique qui est codifiée par :
 - o les articles R.214-6 et suivant du Code de l'Environnement,
 - o le décret relatif aux installations marines de production d'électricité à partir de sources d'énergie renouvelables et aux aménagements légers mentionnés à l'article L.146-6 du Code de l'Urbanisme,
 - o le décret n°2004-308 du 29 mars 2004 relatif aux concessions d'utilisation du Domaine Public maritime en dehors des ports,
- Demande de permis de construire pour la poste de livraison à terre,
- Déclaration au titre de la « Loi sur l'Energie » : cette procédure est régie par le décret n°2000-877 du 7 septembre 2000 pris en application de l'article 6 de la loi n°2000-108 du 10 février 2000 relative à la modernisation et au développement du service public de l'électricité. Elle nécessite, pour toute installation de production d'électricité, soit une autorisation, soit une déclaration (lorsque la puissance est inférieure à 4.5MW, une déclaration doit être déposée auprès du Ministère chargé de l'Energie).

Dans le cas d'un projet à caractère expérimental : pour le projet Paimpol-Bréhat, une hydrolienne a été testée en conditions réelles : l'objectif était de vérifier les choix techniques et améliorer les performances et les conditions d'installation pour limiter les risques industriels et environnementaux. Cette machine n'a pas été raccordée au réseau (période de test : 3 mois). Deux demandes spécifiques d'autorisation temporaires ont été déposées (comportant une étude d'impact et une évaluation des incidences au titre de la législation Natura 2000) :

- Une demande d'occupation temporaire du Domaine Public Maritime,
- Une demande d'occupation temporaire au titre du Code de l'Environnement.

6.BIBLIOGRAPHIE

Arrêté du 17 novembre 2008 fixant les conditions d'achat de l'électricité produite par les installations utilisant l'énergie mécanique du vent

Circulaire interministérielle du 13 octobre 2003 relative à l'éolien offshore

Code de l'Environnement

Code de l'Urbanisme, en particulier les articles Loi Littoral (Article L146...)

Décret n° 2004-308 du 29 mars 2004, relatif aux concessions d'utilisation du domaine public maritime en dehors de ports

Décret n° 2008-851 du 26 août 2008, relatif aux conditions d'application et de répartition de la taxe annuelle sur les installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent situées dans les eaux intérieures ou la mer territoriale

Décret définit, en application de dispositions résultant de la loi du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement relative au droit de l'urbanisme applicable en zone littorale et de l'article L.421-5 du code de l'urbanisme

EGEM – génie électrique et MULTON B., 2011. Energies marines renouvelables : aspects généraux, éolien marémoteur et hydrolien

Loi n° 2000-108 du 10 février 2000 relative à la modernisation et au développement du service public de l'électricité

Loi de programme n°2005-781 du 13 juillet 2005, fixant les orientations de la politique énergétique (Loi POPE)

Loi n° 2009-967 du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement (JORF du 5 août 2009), « Grenelle I »

Loi n°2010-7888 du 12 juillet 2010. Grenelle 2 portant engagement national pour l'Environnement

Projet de loi Grenelle II, portant engagement national pour l'environnement adopté au Sénat le 8 octobre 2009, « Grenelle II »

RTA, 2010. Développement des énergies marines renouvelables : conditions de succès dans les régions du RTA de l'Arc Atlantique

oOo

**DIRECTION REGIONALE DE L'ENVIRONNEMENT, DE
L'AMENAGEMENT ET DU LOGEMENT DE BASSE-NORMANDIE**

**DETERMINATION DU POTENTIEL HYDROLIEN
EN BASSE-NORMANDIE**

ANALYSE DU CONTEXTE REGIONAL

RAPPORT FINAL

FEVRIER 2012

N°171 3186

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION.....	3
2. CONTEXTE DE DEVELOPPEMENT DES ENERGIES MARINES	4
2.1. CONTEXTE INTERNATIONAL : OBJECTIFS EUROPEENS DANS LE DOMAINE DES ENERGIES RENOUVELABLES	4
2.2. CONTEXTE NATIONAL : LES ENERGIES MARINES EN FRANCE - UN AXE POUR LA DIVERSIFICATION DU MIX ENERGETIQUE	4
2.2.1. FRANCE MARITIME	4
2.2.2. OBJECTIFS NATIONAUX	5
2.2.3. ORIENTATIONS DU GRENELLE DE LA MER	5
2.2.4. CONTEXTE REGIONAL.....	9
3. ANALYSE DES PROJETS HYDROLIENS EN DEVELOPPEMENT	11
3.1. ANALYSE DES PROJETS HYDROLIENS EN DEVELOPPEMENT SUR LE TERRITOIRE BAS-NORMAND (SOURCE CESER, 2010)	11
3.1.1. PROJET DE GEOCEAN DANS LE RAZ BLANCHARD	11
3.1.2. PROJET DE DCNS SUR LE RAZ BLANCHARD	11
3.1.3. PROJET D'EOLE-GENERATION-GDF-SUEZ SUR LE RAZ BLANCHARD	12
3.1.4. PROJET EDF SUR LE RAZ DE BARFLEUR ET SUR LE RAZ BLANCHARD.....	12
3.2. ANALYSE DES DEVELOPPEMENTS EN COURS DANS LES ILES ANGLO-NORMANDES.....	13
3.2.1. L'APPROCHE GENERALE DE L'ATLAS OF UK MARINE RENEWABLE ENERGY RESSOURCE (2008)	13
3.2.2. AURIGNY	14
3.2.3. GUERNESEY	16
3.2.4. JERSEY	17
4. BIBLIOGRAPHIE.....	18

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Scénarios prospectifs envisagés par l'IFREMER (source : IFREMER)	8
Tableau 2 : Situation en 2007 et objectifs de mise en service à différents horizons	8

LISTE DES ILLUSTRATIONS

Illustration 1 : Potentiel hydrolien au niveau des Iles anglo-normandes	13
Illustration 2 : Localisation des zones d'implantation hydroliennes à Alderney.....	14
Illustration 3 : Tracé potentiel des câbles de raccordement	15
Illustration 4 : Visualisation des résultats des investigations (bathymétrie, sonar - 2009)	16
Illustration 5 : identification des zones pouvant accueillir des hydroliennes et houlomoteur	17

oOo

1.

INTRODUCTION

L'objectif pour la France est d'atteindre 23 % d'énergies renouvelables dans la consommation d'énergie finale à l'horizon 2020. Avec ses zones maritimes de l'ordre de 11 millions de km², la France dispose d'un fort potentiel de développement pour les énergies renouvelables de la mer.

De nombreux acteurs économiques présents sur le territoire possèdent les compétences et l'expertise pour contribuer au développement de ces ressources marines. Les différentes énergies marines pourraient ainsi représenter environ 3 % de l'objectif à l'horizon 2020.

La Région Basse-Normandie, les acteurs économiques et industriels locaux sont fortement engagés dans le développement de la filière.

Une étude d'opportunité sur la valorisation des éléments et des ressources naturelles pour les éco-énergies en Basse-Normandie réalisée pour le compte de la MIRIADÉ en février 2010 mettait déjà en avant à la fois l'importance du gisement bas-normand (le Raz Blanchard est le site le plus énergétique au niveau national) et l'intérêt de la filière au niveau local (proximité des ports, compétences pour construction, assemblage des turbines etc ...) est fort.

En septembre 2010, un rapport du Conseil Economique, Social et Environnemental Régional (CESR) « Les Energies Marines Renouvelables (EMR) : Potentialités et perspectives en Basse-Normandie soulignait à nouveau l'intérêt de ce type d'énergie marine sur le domaine marin régional.

Par ailleurs, plusieurs projets privés sont aujourd'hui en développement sur le territoire bas-normand.

Il est donc nécessaire pour les autorités administratives de bien connaître le gisement local qui dépend à la fois du gisement énergétique absolu (puissance des courants de marée) mais également des surfaces disponibles qui peuvent être fortement réduites du fait de contraintes physiques, environnementales ou encore par des contraintes d'usages côtiers et marins. Cela permettra ainsi d'avoir une vision objective et précise des possibilités locales.

Dans ce cadre, la DREAL Basse-Normandie a lancé une étude visant à définir le potentiel précis sur la zone régionale et déterminer les zones potentielles d'implantation. L'objectif de cette étude est :

- De faire une synthèse des données existantes,
- D'identifier les sites marins mobilisables pour la production d'énergie et d'évaluer les degrés de contraintes à la mise en œuvre des technologies sur ces sites,
- D'évaluer les capacités maximales et productibles énergétiques mobilisables à court, moyen et long terme,
- De préciser les cadres juridiques et réglementaires de réalisation.

Ce document présente le contexte général de développement des Energies Marines au niveau national et plus spécifiquement l'hydrolien au niveau régional.

2.CONTEXTE DE DEVELOPPEMENT DES ENERGIES MARINES

2.1. CONTEXTE INTERNATIONAL : OBJECTIFS EUROPEENS DANS LE DOMAINE DES ENERGIES RENOUVELABLES

Dans un contexte de changement climatique et d'épuisement des énergies fossiles, le développement des énergies renouvelables est l'une des réponses à ces enjeux.

Le Conseil de l'Union Européenne, réuni les 8 et 9 mars 2007 à Bruxelles, a proposé une politique intégrée en matière de climat et d'énergie. Témoignant de la détermination de l'Europe de fixer des objectifs précis, juridiquement contraignants, le Conseil a :

- pris l'engagement unilatéral de réduire les émissions de gaz à effet de serre d'au moins 20 % d'ici 2020 par rapport au niveau de 1990,
- souligné qu'il était nécessaire d'accroître l'efficacité énergétique afin d'atteindre l'objectif visant à économiser 20 % de la consommation par rapport aux projections pour l'année 2020,
- approuvé l'objectif de 20 % d'énergies renouvelables dans la consommation énergétique totale de l'Union européenne d'ici 2050.

Le paquet Energie-Climat présenté par la Commission européenne le 23 janvier 2008 propose des solutions afin que l'Union européenne soit en mesure d'atteindre ces objectifs. L'objectif d'atteindre une part de 20 % d'énergies renouvelables dans la consommation énergétique totale y est décliné sous forme d'objectifs nationaux contraignants : tous les Etats se voient imposer une part fixe de + 5,5 %, et une part variable modulée en fonction du PIB de chaque Etat, en vertu du principe de solidarité. Pour la France, cela revient à atteindre un objectif de 23 % d'énergies renouvelables, Bruxelles ayant considéré l'énergie nucléaire comme non renouvelable, même si le nucléaire permet à la France d'émettre moins de gaz à effet de serre que les autres pays européens.

La Directive sur les énergies renouvelables a finalement été adoptée le 17 décembre 2008, après un compromis obtenu en première lecture entre le Parlement et le Conseil. Elle constitue l'un des éléments les plus importants du Paquet Energie-Climat. Outre la confirmation de l'objectif de production de 20 % d'énergies renouvelables dans la consommation finale d'énergie en Europe d'ici 2020, cette directive prévoit que chaque Etat membre élabore, pour le 30 juin 2010, un Plan d'action national en matière d'énergies renouvelables, fixant des objectifs nationaux et décrivant les mesures à prendre pour atteindre ces objectifs nationaux.

2.2. CONTEXTE NATIONAL : LES ENERGIES MARINES EN FRANCE - UN AXE POUR LA DIVERSIFICATION DU MIX ENERGETIQUE

2.2.1. FRANCE MARITIME

La France possède le deuxième domaine maritime au monde derrière les EUA. La métropole possède quatre façades maritimes propices au développement de l'éolien marin, de l'énergie des courants, de l'énergie marémotrice et tout particulièrement de l'énergie de la houle (45 kW/m sur la façade atlantique). Les territoires d'Outre-Mer, alimentés par des énergies fossiles onéreuses, sont également propices au développement des énergies marines renouvelables (EMR), en particulier l'énergie thermique de la mer (ETM) dans les régions

tropicales. La France bénéficie d'un retour d'expérience de premier plan avec la mise en service en 1966 de l'usine marémotrice de la Rance.

2.2.2. OBJECTIFS NATIONAUX

Le contexte actuel est tout à fait favorable aux énergies renouvelables, dont les énergies marines renouvelables (EMR). Comme évoqué au paragraphe précédent, le paquet Climat Energie de l'Union Européenne, adopté en décembre 2008 sous présidence française, fixe un objectif de 20 % d'énergie renouvelable dans la consommation finale de l'Union à l'horizon 2020. Décliné au niveau de la France, cet objectif est de 23 %. La France a traduit son engagement au travers des objectifs du Grenelle de l'Environnement et du Grenelle de la Mer.

Dans ce cadre, les énergies renouvelables en général et les énergies marines en particulier bénéficient d'un fort soutien public et donc d'un contexte législatif et économique favorable. L'objectif pour les énergies marines est de 6 000 MW à l'horizon 2020, essentiellement sous forme d'éolien marin ; pour autant les technologies moins matures comme l'énergie des courants, l'énergie de la houle et l'énergie thermique de la mer ne sont pas oubliées et bénéficient d'un soutien fort de l'Etat et des Régions. Un fond démonstrateur doté d'un budget important géré par l'ADEME (Agence De l'Environnement Et de la Maîtrise de l'Energie) a été mis en place.

Un AMI (Appel à Manifestation d'Intérêt) pour la réalisation de démonstrateurs en mer a été lancé en 2009 : 19 projets ont été soumis et 5 lauréats ont été retenus, dont 2 projets éolien flottant (WINFLO, VERTIWIND), 2 projets hydroliens (SABELLA D10, ORCA) et 1 projet houlomoteur (S3).

Cependant, la France accuse un retard par rapport à nombres de pays européens, tout particulièrement le Royaume Uni, l'Allemagne et l'Irlande.

Ensuite, et afin de donner un signal pérenne aux opérateurs, des tarifs d'achat dédiés ont été mis en place pour l'ensemble des énergies marines par arrêtés du 10 juillet 2006 et du 1^{er} mars 2007 pour les montants suivants :

- 13 c €/kWh pendant 10 ans pour l'éolien offshore, puis 3 à 13 c €/kWh pendant 10 ans selon la durée annuelle de fonctionnement des installations,
- 15 c €/kWh pendant 20 ans pour les installations utilisant l'énergie houlomotrice, marémotrice ou hydrocinétique.

Ces tarifs de rachat permettent aux porteurs de projets de dimensionner leurs projets en fonction d'un équilibre économique global et a ainsi un impact direct sur le choix des zones et des technologies. Il est aussi important de rappeler que la rémunération de la puissance injectée est faite à partir de la contribution au service public de l'électricité (CSPE), acquittée par l'ensemble des consommateurs d'électricité.

2.2.3. ORIENTATIONS DU GRENNELLE DE LA MER

Les principales orientations du Grenelle de la Mer, reprises dans le Livre Bleu sont présentées ci-dessous.

2.2.3.1. SOUTENIR ET PLANIFIER LE DEVELOPPEMENT DURABLE DES ENERGIES MARINES

Ce développement doit se faire dans le cadre d'une gestion intégrée en concertation avec les différents acteurs et dans le respect de l'environnement. Le potentiel exploitable dépend des techniques disponibles, de leur coût d'exploitation, mais aussi de l'existence de sites intéressants et d'une acceptation sociale. En mars 2009, le MEEDDM (Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer) a demandé à cinq préfets coordonnateurs d'identifier des sites propices et de mener une concertation afin d'aboutir en septembre 2009 à un schéma d'implantation d'éoliennes en mer par façade maritime.

Dans cette perspective, il est décidé de :

- renforcer l'initiative IPANEMA (Initiative PArtenariale Nationale pour l'émergence des Energies MARines) au niveau national et définir un cadre de planification, d'évaluation et de recherche avec la participation des professionnels, des ONG et autres partenaires intéressés sur l'ensemble des possibilités existantes (l'énergie des courants, des marées, des vagues, du vent de mer, l'énergie thermique des mers, la biomasse marine, l'énergie des gradients de salinité) ;
- financer des centres d'essais – points de convergence - ouverts à tous les porteurs de projet, y compris les projets d'évaluation d'impacts environnementaux, qui contribueront notamment à renforcer la connaissance, l'observation et la recherche marines ;
- favoriser les techniques les plus acceptables socialement et environnementalement. Ainsi, il est proposé de favoriser la maturation de la technique des éoliennes flottantes qui permettent d'éloigner les machines de la côte au-delà de la limite imposée par la profondeur de la mer.

Le développement des énergies marines ne peut se faire indépendamment des autres énergies renouvelables. Dans cette perspective, il est décidé de :

- réserver une place aux énergies marines dans le bouquet énergétique, veiller à assurer une proportionnalité entre les énergies renouvelables marines et terrestres. Pour les énergies marines renouvelables intermittentes (houlomotrices, éoliennes off shore), soutenir leur développement en pré-réservant une part de l'énergie intermittente (limite fixée par décret) de la puissance électrique appelée sur le réseau électrique, et en systématisant les études d'impact risques-bénéfices.
- clarifier la réglementation applicable aux énergies marines renouvelables et l'intégrer dans les différents échelons décisionnels.

2.2.3.2. ENGAGER UNE POLITIQUE INDUSTRIELLE VOLONTARISTE POUR LES ENERGIES MARINES

Il ressort des travaux de concertation du Grenelle que l'exploitation de ces énergies marines ne pourra pas se faire sans la mise sur pied d'une politique industrielle volontariste et incitative, négociée collectivement et encadrée par un processus rigoureux en ce qui concerne les impacts environnementaux (nécessité d'études d'impact indépendantes des porteurs de projet). Dans ce contexte, il a été décidé de lancer un « Plan Energies Bleues », qui conduise à :

- mettre en place de manière urgente des dispositions permettant de financer des démonstrateurs et des structures logistiques associées dans toutes les filières (hydrolien, houlomoteur, énergie thermique des mers, éolien flottant), afin d'accélérer la maturation de ces technologies, et permettre la sélection des plus prometteuses pour la phase de déploiement,
- construire un démonstrateur d'éoliennes flottantes avec le support d'un pôle de compétitivité, un démonstrateur hydrothermique dans chaque collectivité d'outre-mer où cela est possible, trois sites hydroliens, deux sites houlomoteurs,
- favoriser un déploiement précoce de ces technologies par le biais de dispositifs incitatifs adaptés à la maturité de chaque technologie (lancement d'appels d'offres, mise en place de prix de rachat...),
- investir dans des infrastructures de raccordement mutualisables pour la desserte des zones identifiées comme favorables, et assurer une restructuration ou adaptation d'un certain nombre de capacités industrielles (chantiers navals...) et portuaires (assemblage, implantation, maintenance), notamment pour l'installation de l'industrie des énergies marines,
- faire exploiter leurs atouts aux régions Bretagne et Provence-Alpes-Côte d'Azur de façon qu'elles deviennent des pilotes du déploiement des énergies marines, en appui de leurs pôles de compétitivité. La Basse-Normandie et les Pays-de-Loire ont adhéré au pôle mer Bretagne.

2.2.3.3. CONTRIBUTION DES ENERGIES MARINES AU BOUQUET ENERGETIQUE

Que peuvent apporter les énergies marines dans le bouquet renouvelable ? En France, certains documents de programmation énergétique donnent des objectifs chiffrés pour le développement des énergies marines, tandis que d'autres les évoquent à peine.

2.2.3.3.1. OBJECTIFS CHIFFRES

La PPI (Programmation Pluriannuelle des Investissements) de 2005 explore l'éventail des possibles, à partir des objectifs officiels de la loi POPE (Programmation fixant les Orientations de la Politique Énergétique). Elle s'appuie sur le bilan prévisionnel de l'équilibre entre l'offre et la demande d'électricité, en y intégrant des dimensions économiques et environnementales. Elle confirme le développement de l'éolien offshore et introduit les premiers objectifs chiffrés pour les autres énergies marines. L'arrêté du 7 juillet 2006 traduit les objectifs de développement du parc de production électrique du 9 juillet 2006 au 31 décembre 2015. Ces développements concernent essentiellement les énergies renouvelables, et en particulier l'éolien terrestre considéré comme le seul secteur permettant un développement significatif des énergies renouvelables.

Sont prévues les mises en service de 1 000 MW en 2010 et 4 000 MW en 2015 pour l'éolien offshore, et de 500 MW en 2010 et 2 000 MW en 2015 pour l'hydraulique, énergies marémotrice et houlomotrice incluses. Ces objectifs seront précisés à l'occasion de l'adoption, en 2009, de la nouvelle PPI.

Dans le cadre du Grenelle de l'environnement, le Comité Opérationnel n°10 a proposé une décomposition de l'objectif des 20 % entre les différentes sources d'énergies renouvelables pour un horizon intermédiaire (2012) et à l'horizon 2020. L'éolien offshore devrait atteindre 1 000 MW en 2012 et 6 000 MW en 2020. L'objectif de développement des autres énergies marines reste plus incertain, à 30 ktep¹ seulement. L'horizon intermédiaire de 2012 est alors proposé comme étape de réévaluation d'un scénario à l'horizon 2020, pour lequel des chiffres de 1 000 à 2 000 MW sont avancés.

En collaboration avec le bureau d'études Futuribles, l'Ifremer a, de son côté, conduit en 2008 un exercice de prospective sur le développement des énergies marines renouvelables. Ce travail avait pour objectifs d'identifier les enjeux liés à ce développement, les conditions d'émergence et les technologies majeures à moyen terme. Il s'est appuyé sur la méthode des scénarios et la prospective à l'horizon 2030. Si les quatre scénarios contrastés proposés permettent d'appréhender la contribution des énergies marines au bouquet énergétique, le travail conduit par l'Ifremer propose également un scénario normatif plus concret à l'horizon 2020, dans lequel l'éolien offshore pourrait atteindre 4 000 MW et les autres énergies marines 1300 MW.

Les différents scénarios étudiés sont les suivants :

- Le scénario 1 correspond à un marché dérégulé dans un contexte de crise énergétique et de compétition économique,
- le scénario 2 correspond à une politique mondiale pour la durabilité et une extension régulière des accords de la lutte contre le changement climatique,
- le scénario 3 correspond à l'intérêt national et à la sécurité énergétique avec une faible coopération mondiale,
- le dernier donne priorité au développement local dans un contexte de montée des tensions liées au changement climatique.

¹ tep : tonne d'équivalent pétrole, soit 1ktep équivaut à 11,628 kWh

Tableau 1 : Scénarios prospectifs à l'horizon 2030 envisagés par l'IFREMER (source : IFREMER 2008)

Energie (en TWh/an)	Scénario 1 : crise, urgence énergétique	Scénario 2 : coopération virtuelle par nécessité	Scénario 3 : peu d'évolution / Chacun pour soi	Scénario 4 : développement local autonome
Eolien offshore	12	30	6	12
Energie thermique Marine	1.8	5.8	1	5.8
Courants	0.3	3	0.6	0.2
Marémoteur	1	1.	0.6	0.6
Vagues	0.3	6	0.3	0.5
Biomasse	-	-	-	-
Osmotique	0	0	0	0
BILAN	15.4	46.3	8.4	19.1
dont électricité	14	41.2	7.7	14

2.2.3.4. PLACE DES ENERGIES MARINES DANS LE BOUQUET ENERGETIQUE FRANÇAIS

Sur la base de ces différents scénarios, relativement cohérents entre eux, quelques ordres de grandeur permettant de situer le potentiel des énergies marines, en termes de puissance installée mais aussi de production, dans le paysage énergétique français.

Tableau 2 : Situation en 2007 et objectifs de mise en service à différents horizons

	Situation en 2007 (MW)(1)	Production 2007 (TWh)(2)	Mise en service 2010 (MW)(3)	Mise en service 2015 (MW)(3)	Objectif 2015 (MW)	Production 2015 (TWh)	Potentiel 2020 (MW)(4)
Nucléaire	63 300	439,7	0	+ 1 600	64 900	450,8	-
Thermique classique (dont cogénération)	22 200	61,9	+ 1 500	+ 4 600	28 300	76,4	-
Hydraulique (pompage)	4 400	7,7	+ 500	+ 1 500	6 400	11,2	-
Total énergies non renouvelables	89 900 MW	509,3 TWh			99 600 MW	538,4 TWh	-
Hydraulique (hors pompage)	20 660	58,2	+ 500	+ 1 500	22 660	63,8	27 500
Thermique renouvelable (biomasse, biogaz, déchets ménagers, géothermie)	410	3,7	+ 1 390	+ 1 360	3160	28,5	-
Eolien - à terre - en mer	2 200 2 200 0	4,05 4,05	+ 13 500 + 12 500 + 1 000	+ 3 500 + 500 + 3 000	18 400 14 400 4 000	53,6 41,6 12	25 000 19 000 6 000 4 000(5)
Solaire photovoltaïque	13	0,02	+ 160	+ 340	510	0,9	5 400
Energies marines (marées, vagues, courants, ETM)	240	0,5	Compte dans l'hydraulique	Compte dans l'hydraulique	Compte dans l'hydraulique	Compte dans l'hydraulique	1000 à 2000 1 300(5)
Total énergies renouvelables	23 520 MW	66,4 TWh			44 730 MW	146,8 TWh	
Total production	113 420 MW	569,8 TWh			144 330 MW	685,2 TWh	
Export		67,6					
Import		10,8					
Consommation intérieure brute		513 TWh					
Consommation intérieure corrigée		480 TWh				Hyp. 520 TWh	
Part de l'électricité renouvelable dans la consommation intérieure brute		13%					

Sources :
(1) RTE, 2007. Bilan prévisionnel de l'équilibre offre-demande d'électricité en France, et actualisation 2008 ;
(2) DGEMP, 2008. Bilan énergétique de la France pour 2007 ;
(3) Arrêté du 7 juillet 2006 relatif à la programmation pluriannuelle des investissements de production d'électricité ;
(4) Grenelle de l'environnement, Comop n°10, 2008. Plan de développement des énergies renouvelables ;
(5) Ifremer, 2008. Les énergies renouvelables marines : synthèse d'une étude prospective à l'horizon 2030.

La part des énergies marines est actuellement insignifiante dans le paysage énergétique français car seule l'usine marémotrice de la Rance, avec 240 MW installés et une production de 550 GWh, y contribue.

2.2.4. CONTEXTE REGIONAL

2.2.4.1. UN CONTEXTE POLITIQUE FAVORABLE

La Région Basse-Normandie, les acteurs économiques et industriels locaux sont fortement engagés dans le développement de la filière.

Deuxième région française en termes de potentiel propre aux énergies marines renouvelables après la Bretagne, la Basse-Normandie n'en est qu'aux prémices de développement de ces formes novatrices de production d'énergie. Aucun pilote, aucun démonstrateur, a fortiori aucune unité expérimentale de production n'est en service sur les côtes régionales. Pourtant, il convient de rappeler que la Basse-Normandie pourrait théoriquement accueillir sur ses côtes un nombre élevé d'éoliennes (de l'ordre de 200 aérogénérateurs d'environ 5 MW) de même qu'un nombre non moins élevé d'hydroliennes.

Dès le début des années 2000, plusieurs démarches d'ordre scientifique ont été menées pour explorer et déterminer le potentiel des côtes bas-normandes tant en termes d'éolien offshore que de possibilités en matière hydrocinétique. En outre, les collectivités territoriales, en particulier le Conseil Régional, mènent une réflexion sur les possibilités de favoriser l'émergence de tout ou partie d'une filière dédiée à ces modes de production d'énergie.

Dans le cadre de l'« Agenda 21 régional » lancé en 2006, la Région Basse-Normandie s'est engagée dans une politique active en matière d'énergie et de climat appelée « Défi'NeRGIE Basse-Normandie ».

L'un des trois objectifs stratégiques majeurs est le développement des énergies renouvelables, en particulier celui de l'éolien et de l'hydrolien. Aussi, la valorisation des gisements hydroliens est prise en compte et inscrite, au titre de l'accompagnement des initiatives, dans le budget régional. La Région est partenaire d'IPANEMA et a accepté le principe d'un déploiement du Pôle Mer Bretagne en Basse-Normandie. La Région est également fortement impliqué dans les organismes inter-régionaux (Réseau RTA, Atlantic Blue Cluster ...).

Plus récemment, une étude d'opportunité sur la valorisation des éléments et des ressources naturelles pour les éco-énergies en Basse-Normandie réalisée pour le compte de la MIRIADÉ en février 2010 mettait déjà en avant à la fois l'importance du gisement bas-normand (le Raz Blanchard est le site le plus énergétique au niveau national) et l'intérêt de la filière au niveau local (proximité des ports, compétences pour construction, assemblage des turbines etc ...) est fort.

En septembre 2010, un rapport du Conseil Economique, Social et Environnemental Régional (CESR) « Les Energies Marines Renouvelables (EMR) : Potentialités et perspectives en Basse-Normandie » soulignait à nouveau l'intérêt de ce type d'énergie marine sur le domaine marin régional.

Par ailleurs, PNA (Ports Normands Associés) qui est propriétaire et gestionnaire des ports de Caen-Ouistreham et de Cherbourg (depuis 2007), est fortement intéressé par le développement de la filière d'énergie marine et notamment de la capacité de ses différents ports à accueillir les phases de travaux comme base de construction et/ou comme port d'hébergement pour les navires en charge de la maintenance des installations.

Enfin, de nombreux industriels régionaux (DCNS, AREVA, EDF ...) sont fortement impliqués dans les projets EMR en cours de développement.

2.2.4.2. UN GISEMENT POTENTIEL HYDROLIEN TRES IMPORTANT (SOURCE CESER, 2010)

Le potentiel hydrolien bas-normand est le plus important gisement au niveau national.

En effet, le Raz Blanchard à l'extrémité nord-ouest de la presqu'île du Cotentin et le Raz de Barfleur à la pointe nord-est offrent des potentialités considérables tant les vitesses de courant mesurées sont élevées. Elles sont au moins comparables avec celle enregistrées au large de

Bréhat en Bretagne (Raz de Barfleur) sinon supérieures (Raz Blanchard) dont il faut ici rappeler qu'elles peuvent dépasser en grandes marées 22 km/h (soit 6 m/s).

Plus précisément, le potentiel du seul Raz Blanchard est évalué à 3 000 MW (source EDF), soit la moitié du gisement français et 5 % du potentiel européen. Cette valeur sera à ré-évaluer dans le cadre de la présente étude.

Ainsi, ce potentiel attire de nombreux développeurs (GDF-SUEZ, GEOCEAN, DCNS, EDF etc) qui ont engagé des phases de développement de projets avec des investigations et des études pour la mise en place d'hydroliennes dans le Raz Blanchard (cf. chapitre suivant).

3. ANALYSE DES PROJETS HYDROLIENS EN DEVELOPPEMENT

3.1. ANALYSE DES PROJETS HYDROLIENS EN DEVELOPPEMENT SUR LE TERRITOIRE BAS-NORMAND (SOURCE CESER, 2010)

Plusieurs projets sont actuellement en cours d'études en Basse-Normandie, et notamment au niveau du Raz Blanchard. Ils sont décrits succinctement ci-après.

3.1.1. PROJET DE GEOCEAN DANS LE RAZ BLANCHARD

Soutenu par la société Géocéan (filiale au second degré du groupe Vinci), un projet d'installation de deux hydroliennes sur le Raz Blanchard est à l'étude et pourrait aboutir à leur implantation dans les années à venir.

L'objectif de Géocéan est de tester durant deux ans sur ce site deux structures de production issues de la technologie britannique Rotech. Cette technologie met en oeuvre une turbine à axe horizontal logée dans une tuyère à effet venturi.

Une campagne océanographique pour l'acquisition de données de bathymétrie (profondeur), de géophysique et de mesure de courant a été menée dès la mi-2009 sur une zone de reconnaissance située à 3 km environ à l'ouest de la pointe de la Hague.

Elle a été complétée par une seconde campagne de mesures au cours du premier semestre 2010.

Parallèlement, GEOCEAN a entamé en 2009 un ensemble de réunions d'information et de concertation auprès notamment des pêcheurs permettant de préciser les tenants et les aboutissants de ce projet qui, en fonction des résultats obtenus, pourrait déterminer l'installation d'un parc composé de 12 à 36 machines. Une phase expérimentale, comme précédemment évoqué, de deux années est envisagée. En termes économiques, ce projet, d'un coût initial estimé à 35 millions d'euros et à environ 150 millions d'euros au final (pour 36 hydroliennes), susciterait la participation d'un certain nombre d'entreprises loco-régionales pour les études, les travaux en mer, la construction d'éléments, l'assemblage et surtout l'usage du port de Cherbourg pour lequel cette opération pourrait préfigurer l'amorce d'une activité et d'une vocation à part entière.

3.1.2. PROJET DE DCNS SUR LE RAZ BLANCHARD

Courant 2010, DCNS a lancé une étude de faisabilité portant sur l'installation d'une centrale hydrolienne pilote de 20 MW dans le Raz Blanchard. De plus, DCNS est fournisseur des machines dans le cadre du projet « Normandie Hydro » (« NER 300 » Fonds Démonstrateurs Européens) porté par EDF EN.

En l'état actuel du dossier, le choix de l'équipementier porte sur Open Hydro (dont DCNS a pris des participations à hauteur de 11%) pour une implantation des hydroliennes (au nombre d'une vingtaine) en 2013- 2014. Cette opération bénéficiera de la proximité de l'établissement DCNS de Cherbourg qui constitue une base de lancement idéale pour une telle expérimentation et sa maintenance.

3.1.3. PROJET D'EOLE-GENERATION-GDF-SUEZ SUR LE RAZ BLANCHARD

Eole-Génération du groupe GDF-SUEZ développe actuellement un projet de parc hydrolien de 2 à 6 turbines pour une puissance de 2 à 12 MW (avec une éventuelle extension future).

Les études sont engagées, notamment des mesures de courant et de l'étude d'impact ; des contacts ont été pris avec les services de l'Etat et les usagers du domaine côtier.

3.1.4. PROJET EDF SUR LE RAZ DE BARFLEUR ET SUR LE RAZ BLANCHARD

Ces dernières années, EDF a entrepris une série d'études et de mesures sur les deux raz qui marquent les extrémités nord-ouest et nord-est de la presqu'île du Cotentin.

Sur le Raz Blanchard (pointe nord-ouest), EDF, a procédé à un prédiagnostic environnemental en 2005 et a mené des mesures de courantologie en 2009 et 2010 (avec des mesures de houle également).

Moins puissant que le Raz Blanchard, le Raz de Barfleur n'en demeure pas moins un site de production marécinétiq ue de grande qualité. De surcroît, sa proximité du Raz Blanchard (une soixantaine de km par la route) et la présence à mi-distance d'un port en eau profonde (pour l'assemblage, la manipulation et la maintenance des hydroliennes), Cherbourg, en font un site de production des plus intéressants.

EDF a déjà manifesté sinon sa volonté du moins son attention pour le Raz de Barfleur. Ainsi des mesures de force du courant ont été effectuées en 2004 et 2007 de même qu'un pré-diagnostic environnemental. Il est possible qu'en fonction des résultats observés à Bréhat, le site du Val de Saire fasse, à moyen ou à long terme, l'objet d'une implantation d'hydroliennes.

Enfin, EDF a répondu à NER300 et a été sélectionné par la France « Normandie Hydro ».

3.2. ANALYSE DES DEVELOPPEMENTS EN COURS DANS LES ILES ANGLO-NORMANDES

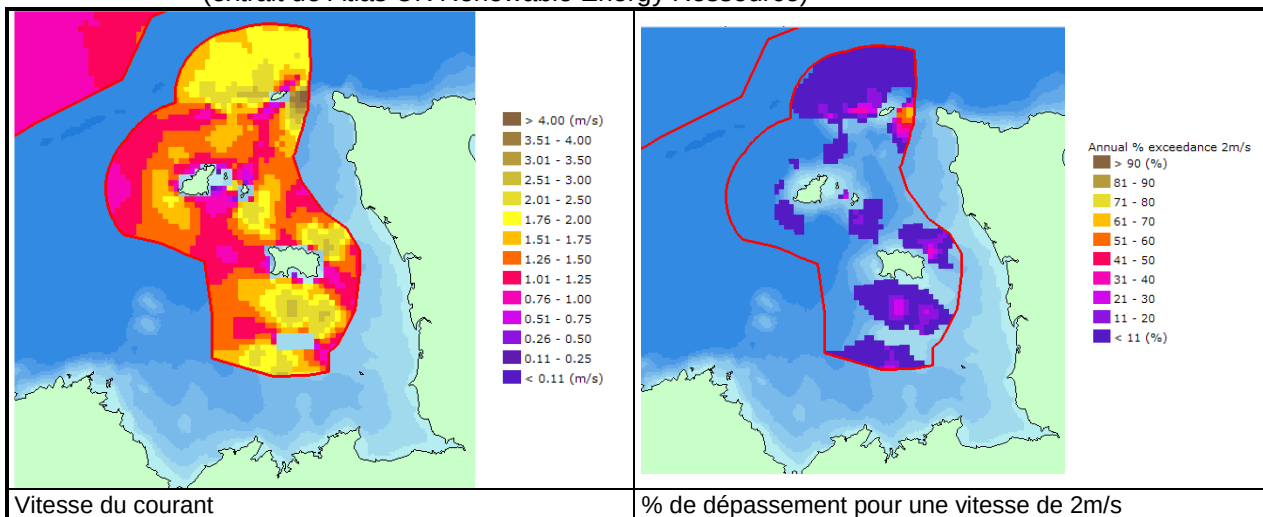
Une analyse des développements en cours sur les îles anglo-normandes a été réalisée pour examiner les synergies ou retombées économiques possibles sur la filière industrielle en Basse-Normandie.

3.2.1. L'APPROCHE GENERALE DE L'ATLAS OF UK MARINE RENEWABLE ENERGY RESSOURCE (2008)

ABP Mer a réalisé pour le compte du BERR (Department of Business, Enterprise & Regulatory Reform) un atlas permettant d'étudier le potentiel EMR sur l'ensemble des eaux du Royaume-Uni. Ce travail englobe en particulier les îles anglo-normandes.

Le site d'Aurigny est d'ailleurs considéré comme un site de très fort potentiel (estimé à environ 1.937 TWH/an) selon cet Atlas.

Illustration 1 : Potentiel hydrolien au niveau des îles anglo-normandes
(extrait de Atlas UK Renewable Energy Ressource)



Source : Atlas UK Marine, ABP Mer

3.2.2. AURIGNY

3.2.2.1. HISTORIQUE ET CONTEXTE DU PROJET

Aurigny dispose d'un potentiel hydrolien très important, estimé à environ 3 GW. C'est également le territoire le plus avancé des îles britanniques dans la mise en œuvre d'un système de régulation de développement de l'exploitation de la ressource hydrolienne.

En 2005, l' *Adlery Commission for Renewable Energy* (ACRE) a été créée afin de travailler au développement des énergies renouvelables pour Aurigny.

Ce travail a abouti à l'élaboration du "*Strategic Tidal Stream Assessment for Alderney*" en 2007 et a permis ensuite d'instaurer un système de régulation pour l'exploitation de cette ressource : The Renewable Energy (Alderney) Law, 2007.

ACRE a ensuite attribué une licence d'exploitation à une seule entité, Alderney Renewable Energy Ltd (ARE) pour 5 ans de recherches, de reconnaissances en mer et de tests de technologies.

Ainsi, depuis septembre 2008, le projet de mise en place d'hydroliennes dans les eaux territoriales d'Aurigny est porté par la société ARE. Elle détient des droits pour exporter l'électricité à la fois en France et au Royaume-Uni et a développé des plans avancés pour des interconnexions avec les deux pays :

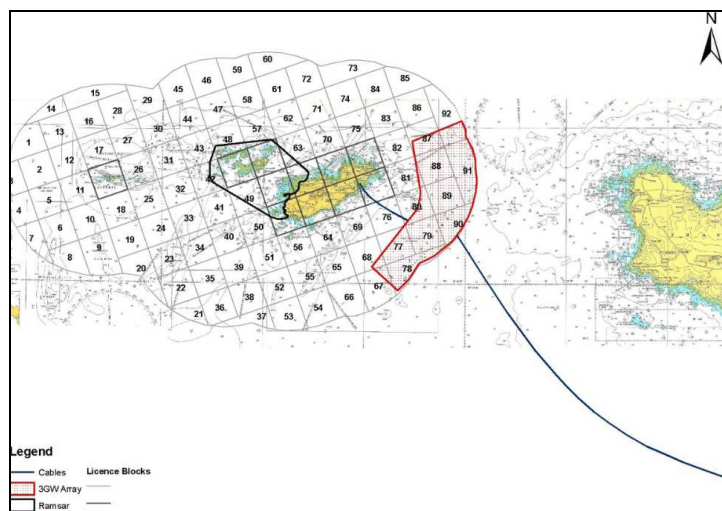
- ARE a obtenu l'autorisation d'exploiter 50% des eaux du territoire d'Aurigny, ceci sur une période de 65 ans,
- ARE a sécurisé 285 MW de capacité sur le réseau électrique français (capacité qui est actuellement en augmentation d'après ARE),
- ARE a sécurisé 2000 MW de capacité sur le réseau électrique britannique.

3.2.2.2. CARACTERISTIQUES DU PROJET

3.2.2.2.1. LOCALISATION DU SITE

Le secteur potentiel actuellement envisagé se situe au niveau du Raz Blanchard, dans l'emprise des 3 miles nautiques à l'Est de l'île. La superficie est de 24 km². La profondeur y est d'environ 30-40m.

Illustration 2 : Localisation des zones d'implantation hydroliennes à Alderney



Source : ARE

3.2.2.2. TECHNOLOGIE RETENUE

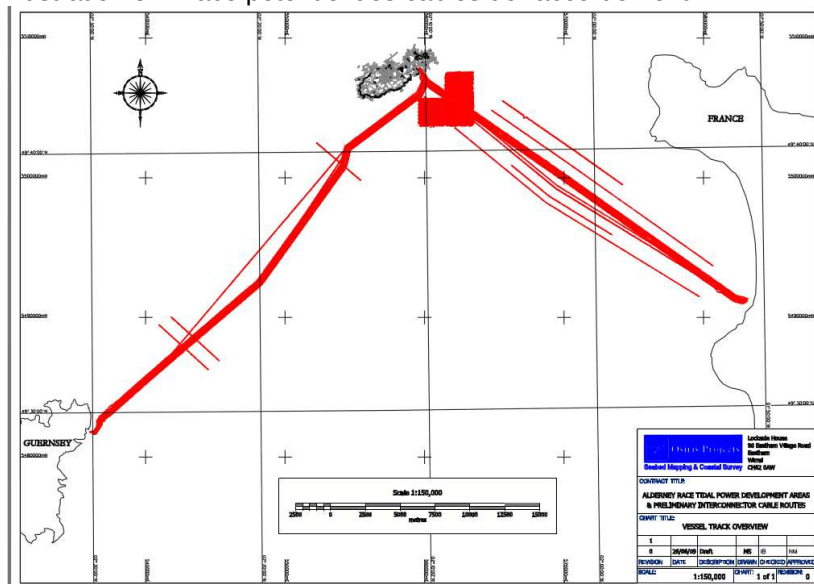
ARE a analysé plusieurs technologies d'hydroliennes : Open Hydro, Marine Current Turbines, Lunar Eryg et Tidal Generation Ltd (TGL).

La technologie retenue est celle d'Open Hydro. Il est envisagé la mise en place de 500 machines de 0.5MW (taille 20m environ) pour une puissance totale de 1GW.

3.2.2.3. TRACE DU CABLES

Les câbles relieraient le parc à Alderney, à Guernesey et la France (au niveau de Flamanville).

Illustration 3 : Tracé potentiel des câbles de raccordement



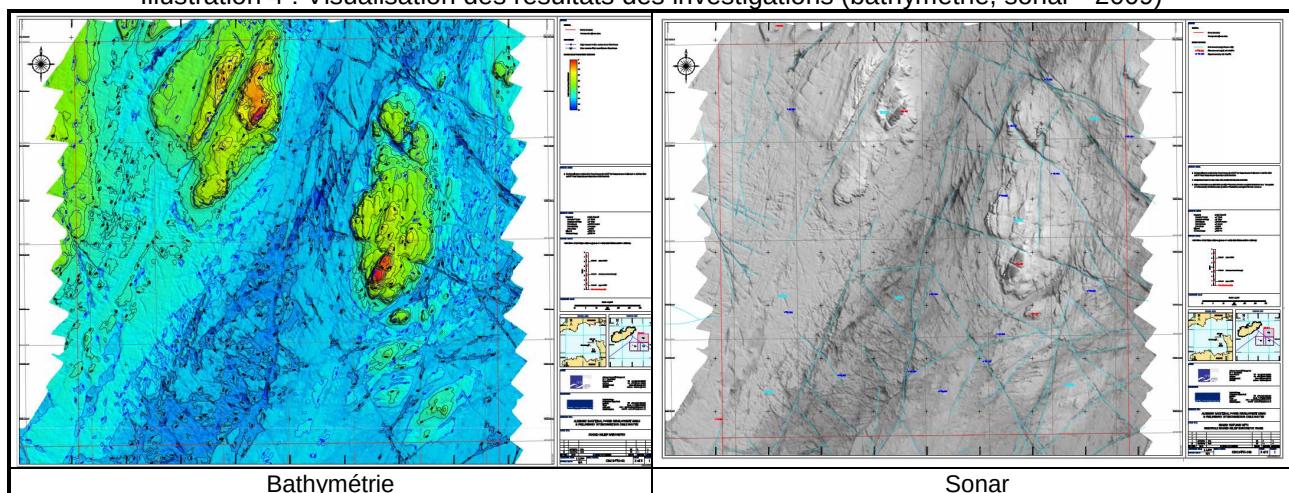
Source : ARE

3.2.2.4. INVESTIGATIONS REALISEES

Les investigations suivantes ont été réalisées sur la zone d'implantation des hydroliennes et du tracé des câbles (les zones d'emprise ou blocks T61,T74,T75 ayant fait l'objet des mesures en mer durant d'été 2009 sont représentées sur la figure 3 ci-dessus) :

- Bathymétrie : ces mesures ont pour objectif d'identifier les éventuels accidents bathymétriques, de pentes ainsi que les possibilités de raccordement. Elles permettent également de construire les modèles mathématiques nécessaires à la mise au point du projet et d'en évaluer techniquement les impacts,
- Sonar : ces mesures permettent d'identifier les faciès superficiels et de comprendre les phénomènes de la dynamique sédimentaire,
- Sub-bottom (sondeur à sédiments) : les mesures géophysiques réalisées ont pour objectif de déterminer les différentes couches sédimentaires et la position du substratum rocheux,
- Magnétomètre : l'objectif est de déterminer les mines-épaves-engins. Le principe repose sur la mesure du champ magnétique terrestre.

Illustration 4 : Visualisation des résultats des investigations (bathymétrie, sonar - 2009)



Source : ARE

3.2.2.5. SYNERGIES POSSIBLES

Dans les études menées par l'ACRE, il a été examiné les possibilités d'export de l'électricité vers la France ou l'Angleterre. La distance avec les côtes françaises est environ 4 fois plus réduite qu'avec les côtes anglaises (25 km environ contre 100 km).

Ainsi, ARE a envisagé un câble d'export vers Flamanville et aurait sécurisé des capacités électriques auprès de RTE (moyennant paiement d'une PTF).

De même, il a été examiné les possibilités d'utilisation des installations du port de Cherbourg pour les travaux mais également comme base de maintenance, les installations de Braye Harbour n'étant pas adaptées à ce développement.

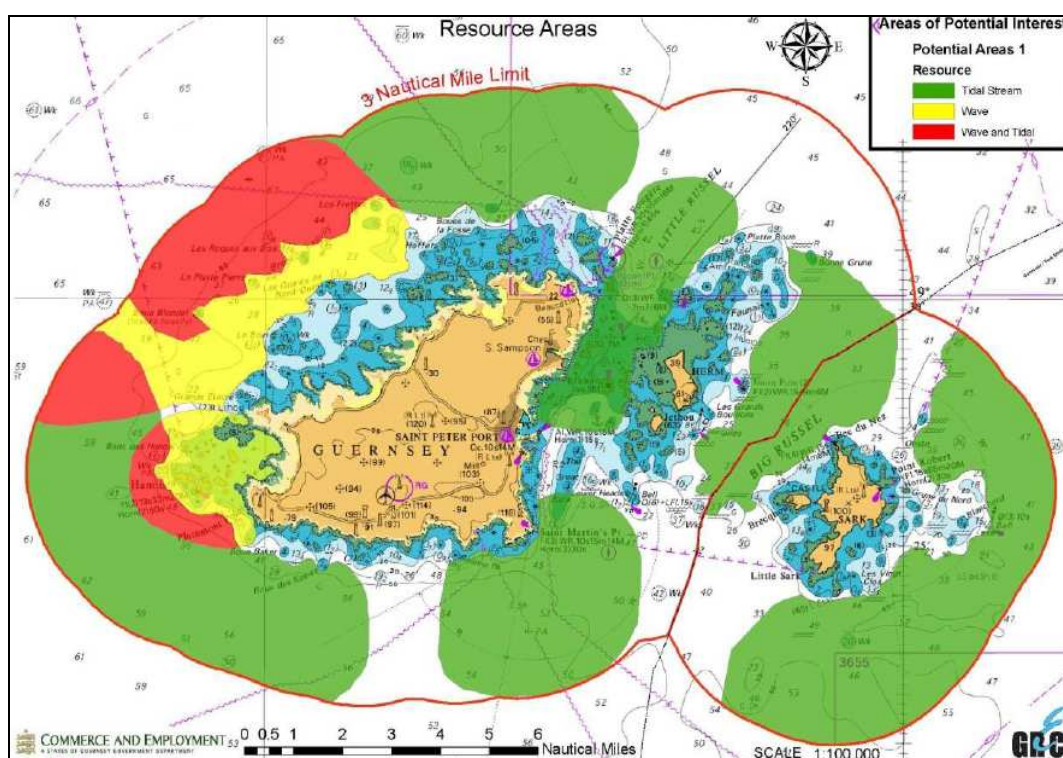
3.2.3. GUERNESEY

L'Etat de Guernsey a adopté en juin 2008 une politique d'énergie visant à :

- Préparer la législation pour permettre l'exploitation du potentiel énergétique des courants : favoriser les investissements, clarifier la législation relative à l'utilisation des fonds marins...,
- Encourager et faciliter les opportunités de développement de la filière.

Il a également lancé des études d'évaluation des potentiels et des impacts des énergies marines sur l'environnement (études bibliographiques). Ces études ont porté sur les potentiels hydroliens et houlomoteurs. Les résultats de ces études ont été synthétisés dans le rapport : *GREC (Guernsey Renewable Energy Commission), November 2009. Pre-feasibility Technical Report, Halcrow Group.*

Illustration 5 : identification des zones pouvant accueillir des hydroliennes et houlomoteur



Source : GRC

L'Etat estime le potentiel hydrolien à environ 90 MW. Aucun projet hydrolien n'est actuellement arrêté.

Les retombées économiques possibles pour la Région Bas-Normande pourraient concerner le port de Cherbourg, identifié comme le port le plus proche capable d'accueillir les installations de montage et assemblage des turbines en phase chantier. Il n'est pas fait mention de câbles d'export vers le continent.

3.2.4. JERSEY

L'état de Jersey souhaite depuis de nombreuses années développer et exploiter ses ressources en énergie renouvelables marines.

Dans cet objectif, le Tidal Power Steeringf Group a été formé à la demande du Ministère de l'Environnement afin d'évaluer le potentiel des eaux territoriales de l'île.

Ainsi, le potentiel hydrolien a été évalué dans le cadre du States of Jersey Strategic Plan (2006-2011), sur la base notamment des données issues de l'Atlas of UK Renewable Energy Ressources, 2008.

4.BIBLIOGRAPHIE

- AEA, 2009. *Strategic Tidal Stream Assessment for Alderney*
- ARE, *Alderney Race Tidal Power Development Areas & Preliminary Interconnector Cable Routes Hydrographic, Geophysical & Oceanographic Surveys*
- CESER de Basse-Normandie, 2010. *Les Energies Marines Rrenouvelables (EMR) : potentialités et perspectives en Basse-Normandie*
- ECRIN – OPECST, 2004. *Energies des mers*
- EDF - LABORATOIRE. SAINT-VENANT, 2010. *Energies marines hydrolienne et houlomotrice. Exemples de projets et de travaux de R&D*
- GAUTIER, 2010. *Rapport Énergies Marines Renouvelables Emplois, Compétences, Formation Quelles perspectives d'avenir ?*
- GREC (Guernsey Renewable Energy Commission), 2009. *Pre-feasibility Technical Report*
- IFREMER, *L'exploitation de la ressource hydro cinétique - Etat de l'art*
- IFREMER, 2008. *L'Ifremer et les énergies marines – dossier de presse*
- IFREMER, 2008. *Les énergies marines renouvelables - Synthèse d'une étude prospective à l'horizon 2030*
- LE MONITEUR, 2010. *L'énergie éolienne*
- LE MONITEUR, 2010. *Grenelle 2 – Loi portant engagement national pour l'environnement*
- REGION BASSE-NORMANDIE, 2006. *Programme « Défi'NeRgie Basse-Normandie » - Vers un Plan Climat Régional*
- REGION BASSE-NORMANDIE – MIRIADÉ, 2010. *Etude sur la valorisation des éléments et des ressources naturelles pour les éco-énergies en Basse-Normandie - Rapport final.*
- REGION BRETAGNE, 2009. *Des énergies marines en Bretagne : à nous de jouer !*
- RTA, 2010. *Développement des énergies marines renouvelables : conditions de succès dans les régions du RTA de l'Arc Atlantique*
- STATES OF GUERNSEY, 2010. *Final Draft Report Tidal Resource Mapping for the Territorial Waters of Guernsey*
- STATES OF JERSEY, 2008. *Tidal Power for Jersey? Options & Opportunities Recommendations to the Minister for Planning and Environment from the Tidal Power Steering Group*
- J. Lawrence, H. Kofoed-Hansen, C. Chevalier. *High-resolution metocean modelling at EMEC's (UK) marine energy test sites*

**DETERMINATION DU POTENTIEL HYDROLIEN
EN BASSE-NORMANDIE**

**CROISEMENT DU GISEMENT HYDROLIEN ET DES
CONTRAINTES DU DOMAINE COTIER –
DETERMINATION DU POTENTIEL**

RAPPORT FINAL

FEVRIER 2012

N°171 3186

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION.....	8
2. DONNEES DE BASE.....	10
2.1. DONNEES INSTITUTIONNELLES DISPONIBLES.....	10
2.2. SEUILS TECHNIQUES DEFINIS PAR LE CETMEF	10
3. MODELISATION DU GISEMENT HYDROCINETIQUE	11
3.1. DESCRIPTION DU MODELE.....	11
3.1.1. LOGICIEL	11
3.1.2. EMPRISE, BATHYMETRIE ET MAILLAGE.....	11
3.1.3. CALAGE ET VALIDATION DU MODELE.....	12
3.2. EXPLOITATION DU MODELE	13
4. ANALYSE DES CONTRAINTES ET OPPORTUNITES EN TERME DE POTENTIELS.....	15
4.1. CONTRAINTES LIEES AU MILIEU PHYSIQUE	15
4.1.1. TOPOGRAPHIE-BATHYMETRIE.....	15
4.1.2. CONDITIONS OCEANOGRAPHIQUES	17
4.1.3. CARACTERISTIQUES GEOLOGIQUES ET GEOMORPHOLOGIQUES GENERALES – NATURE DES FONDS	22
4.2. CONTRAINTES LIEES AU MILIEU VIVANT.....	23
4.2.1. PEUPLEMENT BENTHIQUE.....	23
4.2.2. ESPECES PELAGIQUES	24
4.2.3. AVIFAUNE.....	26
4.3. CONTRAINTES LIEES AUX PAYSAGES ET AUX PROTECTIONS DU MILIEU NATUREL	27
4.3.1. ZONES DE PROTECTION DU PAYSAGE.....	27
4.3.2. ZONES DE PROTECTION DU PATRIMOINE NATUREL	28
4.4. CONTRAINTES DU MILIEU HUMAIN	35
4.4.1. TRAFIC MARITIME	35
4.4.2. PECHE PROFESSIONNELLE	38
4.4.3. ACTIVITES DE LOISIRS	44
4.4.4. CONTRAINTES / SERVITUDES MARITIMES.....	45
5. SYNTHESE DU POTENTIEL	48
5.1. SYNTHESE A L'ECHELLE DE LA BASSE-NORMANDIE	48
5.1.1. CONTRAINTES PRIS EN COMPTE A L'ECHELLE DE LA BASSE-NORMANDIE	48
5.1.2. DESCRIPTION A L'ECHELLE DE LA FAÇADE MARITIME BAS-NORMANDE	49
5.2. FOCUS SUR LES SITES LES SITES POTENTIELS D'IMPLANTATION DES HYDROLIENNES SUR LA FAÇADE MARITIME BAS-NORMANDE.....	50
5.2.1. IDENTIFICATION DES GISEMENTS.....	50
5.2.2. TESTS DE SENSIBILITE POUR DELIMITER LES ZONES DE GISEMENT	52
6. BIBLIOGRAPHIE.....	53
7. FIGURES.....	54

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Critères CETMEF 2009 pour la détermination des zones potentielles	10
Tableau 2 : Vitesse moyenne et puissance moyenne annuelle sur les trois sites de plus fort potentiel	14
Tableau 3 : Distance à la côte des isobathes, entre la Baie du Mont Saint Michel et le Cap de la Hague	15
Tableau 4 : Distance à la côte des isobathes, entre le Cap de la Hague et Saint Vaast la Hougue	16
Tableau 5 : Distance à la côte des isobathes, en Baie de Seine	16
Tableau 6 : Niveau de marée pour différents ports de Basse-Normandie	18
Tableau 7 : Niveaux extrêmes pour différentes périodes de retour	19
Tableau 8 : Vitesse du courant sur la façade Ouest du Cotentin	20
Tableau 9 : Vitesse du courant sur la façade Nord du Cotentin	20
Tableau 10 : Vitesse du courant en Baie de Seine	20
Tableau 11 : Caractéristiques des houles annuelles au large de la Basse-Normandie	21
Tableau 12 : Récapitulatif des protections des principales espèces de mammifères marins	25
Tableau 13 : Répartition/observation des mammifères marins	25
Tableau 14 : Principales liaisons maritimes sur la façade Nord et Ouest du Cotentin	37
Tableau 15 : Caractéristiques des ports de pêche de la Basse-Normandie	40
Tableau 16 : Principaux métiers pratiqués et espèces exploitées sur la façade de la Basse-Normandie (source : IFREMER)	43
Tableau 17 : Caractéristiques des ports de plaisance à proximité de la zone d'étude	44
Tableau 18 : Hypothèse de tirant d'eau des navires	49
Tableau 19 : Hypothèses retenues dans le cadre de la délimitation des zones potentielles d'implantation des hydroliennes	52

LISTE DES ILLUSTRATIONS

Illustration 1 : Emprise et maillage du modèle de courant	12
Illustration 2 : Vitesse et puissance moyenne	13
Illustration 3 : Zostera marina et Zostera noltii (source : IFREMER)	23
Illustration 4 : Faune benthique (source : IFREMER)	24
Illustration 5 : Répartition des différents métiers par rayon d'action	39
Illustration 6 : localisation générale des différentes pratiques de pêches	40
Illustration 7 : Métiers pratiqués de la pêche : arts trainants	41
Illustration 8 : Métiers pratiqués de la pêche : arts dormants	42
Illustration 9 : Nombre et pourcentage de navires pratiquants les différents métiers, à l'échelle de la Basse-Normandie	43

LISTE DES FIGURES

- Fig. 1. LOCALISATION DU SITE DE PROJET
Fig. 2. BATHYMETRIE DE LA BASSE-NORMANDIE
Fig. 3. CARACTERISTIQUES DE LA COTE BAS-NORMANDE
Fig. 4. FLUCTUATION DU NIVEAU MARIN : MARNAGE POUR DIFFERENTS COEFFICIENTS DE MAREE
Fig. 5. COURANT : VITESSE MAX SUR LA ZONE D'ETUDE
Fig. 6. CARACTERISATION DE L'AGITATION ANNUELLE
Fig. 7. CONDITIONS DE PROPAGATION DE DEUX EVENEMENTS
Fig. 8. GEOLOGIE DE LA ZONE D'ETUDE
Fig. 9. COUVERTURE SEDIMENTAIRE
Fig. 10. HABITATS – PEUPELEMENTS BENTHIQUES
Fig. 11. PROTECTION DU PAYSAGE : SITES CLASSES ET INSCRITS
Fig. 12. PATRIMOINE NATUREL : ELEMENTS DE PROTECTION REGLEMENTAIRE
Fig. 13. PATRIMOINE NATUREL : ELEMENTS DE GESTION CONTRACTUELLE ET ENGAGEMENTS INTERNATIONAUX
Fig. 14. PATRIMOINE NATUREL : INSCRIPTION AUX INVENTAIRES
Fig. 15. TRAFIC : ORGANISATION ET TRAFIC DE FRET
Fig. 16. LIAISONS FERRY TRANSMANCHE
Fig. 17. PRINCIPALES LIAISONS INTER-ILES
Fig. 18. PECHE : REGLEMENTATION DE LA PECHE A LA DRAGUE
Fig. 19. PECHE : REGLEMENTATION DE LA PECHE AU FILET ET AU CASIER
Fig. 20. PECHE : REGLEMENTATION DE LA PECHE AU CHALUT
Fig. 21. PECHE : COQUILLAGES, CRUSTACES ET CEPHALOPODES
Fig. 22. METIERS PRATIQUES PAR SECTEURS DE PECHE
Fig. 23. ESPECES PECHEES PAR SECTEURS DE PECHE
Fig. 24. PLAISANCE
Fig. 25. TOURISME : DENSITE DU TOURISME EN BASSE-NORMANDIE
Fig. 26. CONTRAINTES ET SERVITUDES A L'ECHELLE DE LA BASSE-NORMANDIE
Fig. 27. RACCORDEMENT : POSTES ELECTRIQUES
Fig. 28. SYNTHESE DES CONTRAINTES ET GISEMENT A L'ECHELLE DE LA BASSE-NORMANDIE 1/2
Fig. 29. SYNTHESE DES CONTRAINTES ET GISEMENT A L'ECHELLE DE LA BASSE-NORMANDIE 2/2
Fig. 30. ZOOM « PASSAGE DE LA DEROUTE » : BATHYMETRIE
Fig. 31. ZOOM « PASSAGE DE LA DEROUTE » : COUVERTURE SEDIMENTAIRE
Fig. 32. ZOOM « PASSAGE DE LA DEROUTE » : VITESSE MAX POUR COEFFICIENT DE MAREE DE 94
Fig. 33. ZOOM « PASSAGE DE LA DEROUTE » : SYNTHESE DES CONTRAINTES
Fig. 34. ZOOM « RAZ BLANCHARD » : BATHYMETRIE
Fig. 35. ZOOM « RAZ BLANCHARD » : COUVERTURE SEDIMENTAIRE
Fig. 36. ZOOM « RAZ BLANCHARD » : VITESSE MAX POUR COEFFICIENT DE MAREE DE 94
Fig. 37. ZOOM « RAZ BLANCHARD » : SYNTHESE DES CONTRAINTES
Fig. 38. ZOOM « RAZ DE BARFLEUR » : BATHYMETRIE
Fig. 39. ZOOM « RAZ DE BARFLEUR » : COUVERTURE SEDIMENTAIRE
Fig. 40. ZOOM « RAZ DE BARFLEUR » : VITESSE MAX POUR COEFFICIENT DE MAREE DE 94
Fig. 41. ZOOM « RAZ DE BARFLEUR » : SYNTHESE DES CONTRAINTES
Fig. 42. ZOOM « PASSAGE DE LA DEROUTE » : TEST DE SENSIBILITE – ISOBATHE -25M CM
Fig. 43. ZOOM « PASSAGE DE LA DEROUTE » : TEST DE SENSIBILITE – ISOBATHE -30M CM
Fig. 44. ZOOM « PASSAGE DE LA DEROUTE » : TEST DE SENSIBILITE – ISOBATHE -35M CM
Fig. 45. ZOOM « RAZ BLANCHARD » : TEST DE SENSIBILITE – ISOBATHE -25M CM
Fig. 46. ZOOM « RAZ BLANCHARD » : TEST DE SENSIBILITE – ISOBATHE -30M CM
Fig. 47. ZOOM « RAZ BLANCHARD » : TEST DE SENSIBILITE – ISOBATHE -35M CM
Fig. 48. ZOOM « RAZ DE BARFLEUR » : TEST DE SENSIBILITE – ISOBATHE -25M CM
Fig. 49. ZOOM « RAZ DE BARFLEUR » : TEST DE SENSIBILITE – ISOBATHE -30M CM
Fig. 50. ZOOM « RAZ DE BARFLEUR » : TEST DE SENSIBILITE – ISOBATHE -35M CM

oOo

1.

INTRODUCTION

L'objectif pour la France est d'atteindre 23 % d'énergies renouvelables dans la consommation d'énergie finale à l'horizon 2020. Avec ses zones maritimes de l'ordre de 11 millions de km², la France dispose d'un fort potentiel de développement pour les énergies renouvelables de la mer.

De nombreux acteurs économiques présents sur le territoire possèdent les compétences et l'expertise pour contribuer au développement de ces ressources marines. Les différentes énergies marines pourraient ainsi représenter environ 3 % de l'objectif à l'horizon 2020.

La Région Basse-Normandie, les acteurs économiques et industriels locaux sont fortement engagés dans le développement de la filière.

Une étude d'opportunité sur la valorisation des éléments et des ressources naturelles pour les éco-énergies en Basse-Normandie réalisée pour le compte de la MIRIADÉ en février 2010 mettait déjà en avant à la fois l'importance du gisement bas-normand (le Raz Blanchard est le site le plus énergétique au niveau national) et l'intérêt de la filière au niveau local (proximité des ports, compétences pour construction, assemblage des turbines etc ...) est fort.

En septembre 2010, un rapport du Conseil Economique, Social et Environnemental Régional (CESR) « Les Energies Marines Renouvelables (EMR) : Potentialités et perspectives en Basse-Normandie soulignait à nouveau l'intérêt de ce type d'énergie marine sur le domaine marin régional.

Par ailleurs, plusieurs projets privés sont aujourd'hui en développement sur le territoire bas-normand.

Il est donc nécessaire pour les autorités administratives de bien connaître le gisement local qui dépend à la fois du gisement énergétique absolu (puissance des courants de marée) mais également des surfaces disponibles qui peuvent être fortement réduites du fait de contraintes physiques, environnementales ou encore par des contraintes d'usages côtiers et marins. Cela permettra ainsi d'avoir une vision objective et précise des possibilités locales.

Dans ce cadre, la DREAL Basse-Normandie a lancé une étude visant à définir le potentiel précis sur la zone régionale et déterminer les zones potentielles d'implantation.

L'objectif de cette étude est :

- De faire une synthèse des données existantes,
- D'identifier les sites marins mobilisables pour la production d'énergie et d'évaluer les degrés de contraintes à la mise en œuvre des technologies sur ces sites,
- D'évaluer les capacités maximales et productibles énergétiques mobilisables à court, moyen et long terme,
- De préciser les cadres juridiques et réglementaires de réalisation.

Le présent rapport précise :

- **Les données de base disponibles actuellement,**
- **La modélisation du gisement hydrocinétique,**
- **L'analyse des contraintes et opportunités en termes de potentiels à prendre en compte dans la détermination de zones potentielles d'implantation d'hydroliennes. Cette analyse s'appuie sur un nombre important de données de base : contraintes océanographiques, environnementales, humaines, administratives...**

Il est à noter cependant que cette synthèse des zonages a été réalisée à une échelle macro sur l'ensemble du domaine côtier et sur la base d'informations assez hétérogènes. Des analyses ultérieures plus fines des contraintes seront nécessaires pour les zones d'intérêts et dans le cadre de l'évaluation des impacts des projets.

Cette première approche permet d'ores et déjà d'exclure un certain nombre de secteurs déjà qualifiés, soit de sensibles, soit de non compatibles avec les projets d'hydroliennes.

2.DONNEES DE BASE

2.1. DONNEES INSTITUTIONNELLES DISPONIBLES

Dans le cadre de la planification des énergies marines renouvelables en mer décidée par la circulaire du 5 mars 2009, le CETMEF a été chargé par les différentes préfectures de façade (Atlantique, Méditerranée, Manche Mer du Nord) de la mise en œuvre d'un outil SIG et de sa mise à jour au fil de la concertation. Cet outil a pour but de recenser l'ensemble des données techniques et des contraintes d'usages et environnementales sur une zone allant jusqu'à 50 km des côtes et/ou 200 m de profondeur.

Une étude portant sur la planification de l'énergie éolienne en mer, hydrolienne et houlomotrice sur la façade métropolitaine a déjà été réalisée en 2007 par ADEME-IFREMER (non diffusée) et a abouti à un ensemble de cartes de synthèse. La planification portait à la fois sur le regroupement des données techniques (vent, houle, courant, bathymétrie et raccordement électrique) et le regroupement de données d'usage (zones protégées, zones de pêches, de défense, etc.).

Un certain nombre de critères de classements a été établi pour définir des zones propices au développement des énergies marines.

Cette étude a donc été reprise par le CETMEF, avec une mise à jour des données et intégration sous un format interactif SIG. Ainsi, le CETMEF fait une mise à jour l'ensemble des données techniques (vent, courant, houle, bathymétrie et raccordement et potentiel au réseau RTE). Cette étude a ainsi permis de synthétiser les principales contraintes liées au milieu naturel sur la zone et l'ensemble des contraintes d'usages : bathymétrie générale, protections du patrimoine naturel, activités maritimes de la zone (pêche, fret, extraction de granulats, plaisance, tourisme), servitudes (voie d'accès, zones de navigation, réseaux sous-marins)...

La liste des sources des données est fournie en Bibliographie.

2.2. SEUILS TECHNIQUES DEFINIS PAR LE CETMEF

Dans le cadre de la planification, un certain nombre de seuils techniques ont également été définis pour juger de la potentialité des zones. Ces seuils ont fait l'objet d'une discussion et d'une validation dans le cadre de la commission Energies du SER (Syndicat des Energies Renouvelables).

Concernant l'hydrolien, plusieurs critères ont ainsi été définis :

**Tableau 1 : Critères CETMEF 2009 pour la détermination des zones potentielles
(en cours d'actualisation – consultation du SER)**

	Défavorable	favorable
Courant	$V < 1.5\text{m/s}$ et $V > 4.5\text{m/s}$	$1.5\text{m/s} < V < 4.5\text{m/s}$
Bathymétrie	Cote des fonds $< -25\text{m CM}$	Cote des fonds $> -25\text{m CM}$
Remarque : V : correspond à la vitesse moyenne annuelle pour des vives-eaux (coefficient 95) Pas de profondeur maximale		

3. MODELISATION DU GISEMENT HYDROCINETIQUE

Afin d'identifier les zones favorables à l'implantation d'hydroliennes, SOGREAH a mis en œuvre une modélisation des champs de courants sur la zone d'étude.

Cette analyse repose sur l'exploitation du modèle hydrodynamique de la Manche, basé sur les techniques de modélisation numérique bidimensionnelle associé au code de calcul TELEMAR (développé par EDF-DER). Ce modèle a servi de base/ référence à la construction des modèles côtiers du SHOM (mission confiée à SOGREAH).

Ce modèle a permis d'établir, pour l'ensemble de la Basse-Normandie (cf. détails en annexe) :

- Les vitesses maximales pour différents coefficients de marée,
- La vitesse moyenne,
- La puissance maximale instantanée,
- La puissance moyenne annuelle.

Ces éléments permettront d'établir la capacité maximale (productible) pouvant être installée dans les zones d'implantation potentielles des hydroliennes.

3.1. DESCRIPTION DU MODELE

3.1.1. LOGICIEL

La représentation fine des processus hydrodynamiques est effectuée à l'aide du logiciel TELEMAR-2D (représentation des vitesses moyennes sur la verticale).

Ce code de calcul résout, sur des maillages triangulaires, les équations de Saint-Venant régissant les écoulements bidimensionnels à surface libre. Il permet de reproduire plusieurs cycles complets de marée, aussi bien pour des périodes passées que futures (modèle prédictif).

Il fournit, en chaque point du maillage et pour l'ensemble de la période simulée, les champs de vitesses et les hauteurs d'eau sur l'ensemble du domaine d'étude.

3.1.2. EMPRISE, BATHYMETRIE ET MAILLAGE

Le modèle à haute résolution de la Manche créé par SOGREAH s'étend de la pointe du Finistère à Ostende (Belgique) sur la côte française et sur toute la côte du Sud de l'Angleterre, soit sur une distance Est-Ouest d'environ 590 km pour une superficie totale du modèle d'environ 84 190 km².

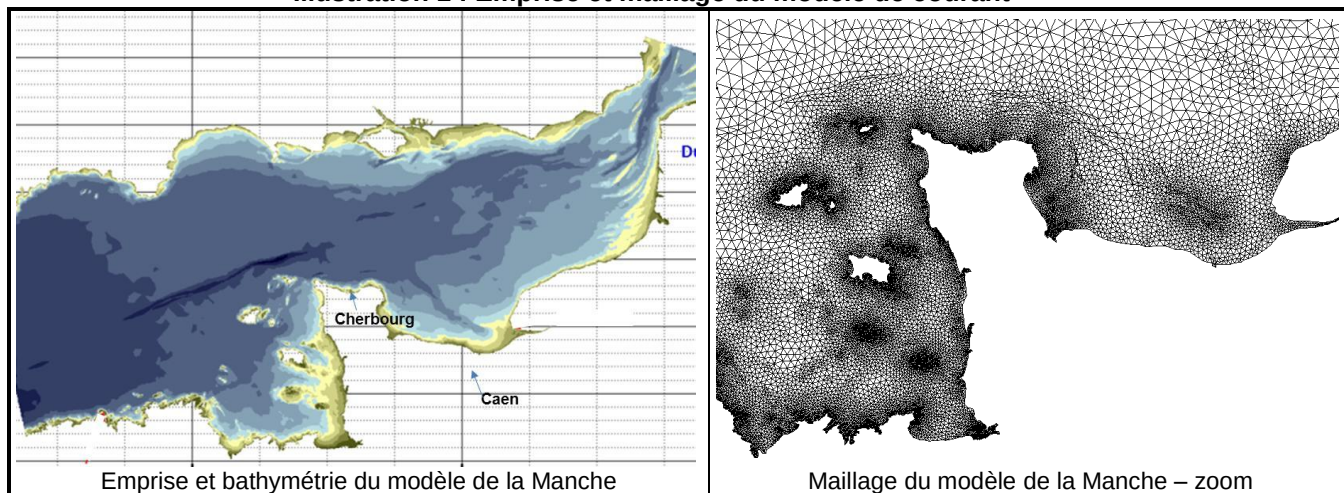
Le Modèle Numérique de Terrain (représentation numérique de la bathymétrie) a été élaboré à partir des cartes marines disponibles sur la Manche au 50 000^{ème} sur la côte Française et au 150 000^{ème} sur la côte Anglaise et sondes du SHOM.

Les caractéristiques du maillage sont :

- Nombre de nœuds : 29 238
- Nombre d'éléments : 55 207
- Taille maximale des mailles : 8 000 m (frontière ouest)
- Taille minimale des mailles : <500 m (à la côte)

Une vue du modèle en bathymétrie et maillage est fournie illustration ci-dessous :

Illustration 1 : Emprise et maillage du modèle de courant



3.1.3. CALAGE ET VALIDATION DU MODELE

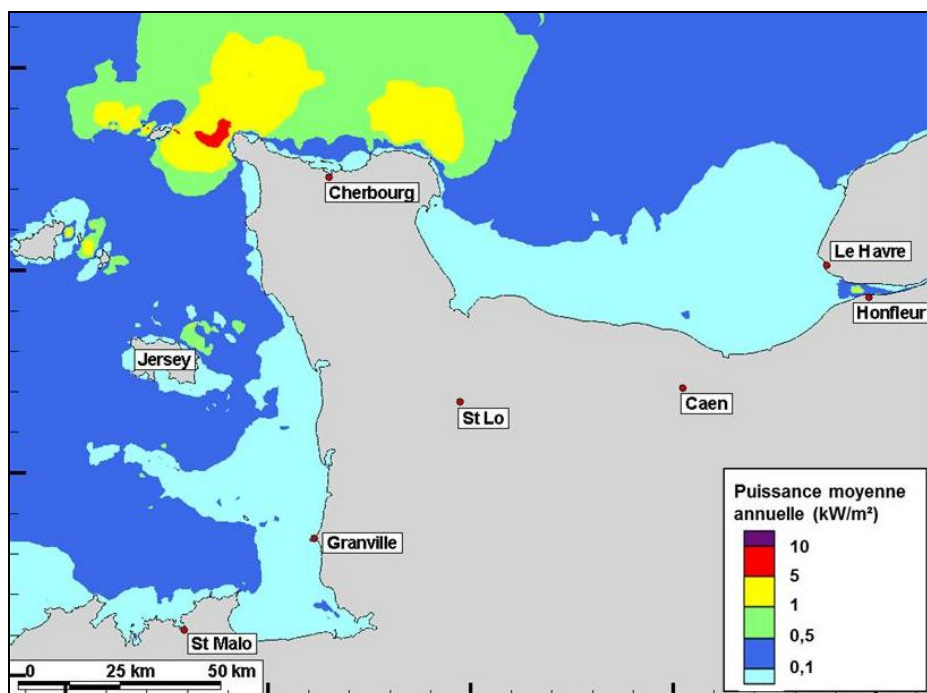
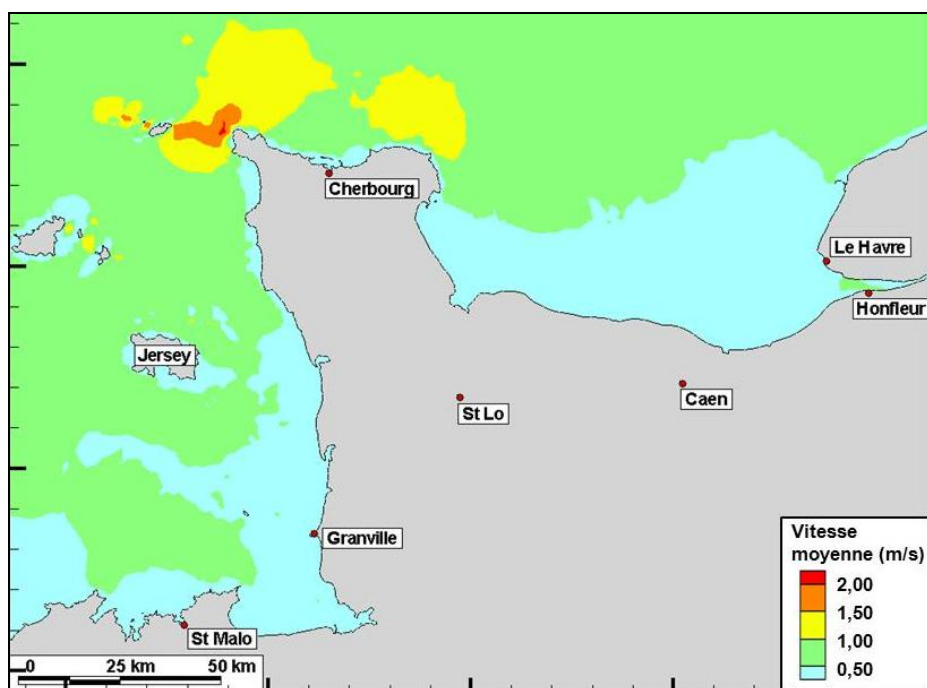
Le modèle comprend la description de plus de 40 ondes dominantes sur la Manche. Il permet ainsi de décrire l'ensemble des non-linéarités observées (exemple les marées de pleine mer à double bosse visibles dans la baie de Seine). Le modèle a été calé sur l'ensemble des marégraphes en manche (92 marégraphes) à la fois sur les côtes françaises que sur les côtes anglaises. Ce modèle a également fait l'objet de calages en vitesses (cf. détails en annexe).

3.2. EXPLOITATION DU MODELE

Les calculs de courants seront réalisés sur un cycle complet de marées théoriques (mortes eaux / vives eaux) soit 15 jours. L'ensemble des conditions hydrodynamiques liées aux marées pouvant être rencontrées sur une année complète sur le secteur d'étude sont de cette manière représentées.

L'illustration ci-dessous représente la vitesse moyenne des courants de marée et la puissance moyenne annuelle.

Illustration 2 : Vitesse et puissance moyenne



Il ressort les éléments suivants :

- La Baie de Seine et le Sud du Golfe normand-breton présente une très faible vitesse énergétique (essentiellement inférieure à 0.5m/s). La puissance moyenne annuelle est inférieure à 0.5 kW/m². Néanmoins, le gisement se trouve dans le chenal du trafic maritime vers le port du Havre et de Rouen (ne permettant pas l'installation d'hydroliennes). Ce site est donc exclu.
- Trois sites se détachent :
 - le passage de la Déroute entre Portbail et Jersey : le gisement se situe essentiellement à l'Est immédiat de l'île, hors des eaux françaises.
 - le Raz Blanchard : le gisement est plus important dans la partie Est du Raz Blanchard, soit coté français ;
 - le Raz de Barfleur : le potentiel se situe essentiellement sur la façade Nord du Raz, entre le Cap Lévi et la Pointe de Barfleur.

Les vitesses énergétiques moyennes et puissance moyenne sont précisées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 2 : Vitesse moyenne et puissance moyenne annuelle sur les trois sites de plus fort potentiel

Localisation	Vitesse moyenne	Puissance moyenne annuelle
Passage de la Déroute	0.5 à 1m/s (ponctuellement > 1m/s)	0.1 à 1 kW/m ² (ponctuellement > 1kW/m ²)
Raz Blanchard	1.5 à 2m/s (ponctuellement >2m/s)	1 à 10kW/m ²
Raz de Barfleur	1 à 1.5m/s	1 à 5 kW/m ²

4. ANALYSE DES CONTRAINTES ET OPPORTUNITES EN TERME DE POTENTIELS

4.1. CONTRAINTES LIEES AU MILIEU PHYSIQUE

Les caractéristiques physiques de la zone côtière influent fortement sur le choix des zones d'implantation des hydroliennes : profondeur d'eau, nature des fonds, distance à la côte et conditions météo-océaniques.

Ces paramètres sont intangibles et peuvent modifier de manière importante la faisabilité technique et économique d'un projet hydrolien. Ils conditionnent ainsi le potentiel théorique du potentiel technique réel ou « viable ».

4.1.1. TOPOGRAPHIE-BATHYMETRIE

4.1.1.1. BATHYMETRIE

La bathymétrie est un critère fondamental pour deux raisons :

- *La cote des fonds doit être suffisante pour*
 - *L'immersion continue de l'hydrolienne,*
 - *permettre le passage des bateaux au-dessus des hydroliennes. Par conséquent, couplée aux niveaux d'eau, à la taille des hydroliennes et aux tirants d'eau des navires susceptibles d'emprunter la zone, une profondeur minimale à respecter est nécessaire ;*
- *La pente des fonds : des pentes locales importantes et/ou des accidents bathymétriques peuvent être rédhibitoires pour l'installation d'hydroliennes. Ces données locales ne pourront être appréciées qu'à partir des mesures bathymétriques fines in situ.*

Plusieurs secteurs homogènes peuvent être identifiés sur le domaine côtier de la Basse-Normandie (cf. **Fig. 2**) :

- Baie du Mont Saint Michel : les fonds sont très plats. L'isobathe -10m CM se situe à plus de 10km ;
- Baie du Mont Saint Michel au Cap de la Hague : la bathymétrie est marquée par l'existence de nombreuses îles. Les isobathes sont très irrégulières en raison de la présence de nombreux plateaux rocheux isolés. Sur l'ensemble de ce secteur, les profondeurs sont assez faibles (inférieures à 50 m), avec des pentes relativement douces et des fonds accidentés ;

Tableau 3 : Distance à la côte des isobathes, entre la Baie du Mont Saint Michel et le Cap de la Hague

Isobathe	Distance à la côte
-10m CM	entre 10km (partie Nord) à 50 km au niveau de l'île de Jersey
-30m CM	entre 15 km (partie Nord) à 60 km (partie Sud)

- Nord du Cotentin (Cap de la Hague à Saint Vaast-la-Hougue) : les fonds plongent de manière plus importante. Les pentes de fonds sont plus fortes (1 % environ) et les fonds très irréguliers traduisent la nature rocheuse de cette zone ;

Tableau 4 : Distance à la côte des isobathes, entre le Cap de la Hague et Saint Vaast la Hougue

Isobathe	Distance à la côte
-10m CM	3-5km
-30m CM	entre 3km (Cherbourg) à 10km au niveau du Raz Blanchard

- Baie de Seine (entre Saint Vaast-la-Hougue et l'estuaire de la Seine) : les profondeurs sont assez faibles, jusqu'aux limites de la Manche et de la palléovallée de la Seine. L'isobathe – 10 m CM est à 1 km de la côte vers Arromanches, à 6 km devant Cabourg et à près de 20 km devant Deauville. Ceci traduit le colmatage de l'estuaire de la Seine. La pente des fonds s'adoucit d'Ouest en Est. Plusieurs spécificités sont présentes sur ce secteur :
 - Au large de la côte, entre Saint Vaast-la-Hougue et Grancamp, se trouvent les bancs de Saint Marcouf et du Cardonnet qui se trouvent à environ 6-7km ;
 - Au niveau d'Arromanches se trouve un important plateau rocheux (plateau du Calvados) : l'isobathe -10m CM se situe à plus de 3 km de la côte.

Tableau 5 : Distance à la côte des isobathes, en Baie de Seine

Isobathe	Distance à la côte
-10m CM	3 km (Arromanches) à 15km (estuaire de la Seine)
-30m CM	20-25 km

4.1.1.2. TOPOGRAPHIE

Le paramètre « topographie » intervient dans la détermination de la zone d'atterrissage ; un littoral à falaises abruptes rendant plus difficile le raccordement à terre, par exemple.

Le littoral de la Basse-Normandie peut être divisé en plusieurs ensembles (cf. **Fig. 3**) :

- La Baie du Mont Saint Michel : elle occupe le fond du golfe Normand-Breton et constitue une cuvette très envasée. Elle se caractérise par un estran très large parcouru par des chenaux ; la côte est essentiellement basse ;
- Du Mont Saint Michel au Cap de la Hague : la côte Ouest du Cotentin est caractérisée par des cordons littoraux sableux et de dunes, avec une côte basse. Autour de Granville, Carteret, Flamanville et le Nez de Jobourg, le littoral est marqué par des falaises d'une hauteur de 50 m environ ;
- Du Cap de la Hague à Cherbourg : la côte est rocheuse avec quelques falaises de 50m ;
- De Cherbourg à Saint Vaast-la-Hougue : le littoral est marqué par des affleurements rocheux très importants (exemple : Barfleur). Les falaises se trouvent essentiellement entre Cherbourg et le Cap Lévi. La côte rocheuse entre le Cap Lévi et Saint Vaast-la-Hougue est basse ;
- De Saint Vaast à la Baie des Veys : la côte est essentiellement basse et sableuse ;
- De la Baie des Veys à l'estuaire de la Seine : le littoral est marqué par une alternance de côte basse (sables essentiellement) et de falaises (Port en Bessin –hautes falaises-, Lion-sur-Mer –petites falaises de 10m-...).

Les îles anglo-normandes (Alderney, Guernsey et Jersey) présentent un littoral de côtes rocheuses avec quelques falaises hautes (côte Nord de Jersey).

4.1.2. CONDITIONS OCEANOGRAPHIQUES

Les conditions océanographiques associent les conditions climatiques, les états de mer habituels d'une zone ainsi que les phénomènes extrême potentiels. Les conditions météo-océaniques regroupent :

- *les niveaux d'eau.*
- *les vents et vagues,*
- *les courants.*

L'ensemble de ces conditions météo-océaniques sont déterminantes pour :

- *le dimensionnement des ouvrages ; il est nécessaire de prendre un compte les efforts maximum appliqués aux structures. Les phénomènes extrêmes sont ainsi des éléments dimensionnants pour les structures ;*
- *l'exploitation des parcs. Les systèmes n'exploitent pas l'ensemble de la gamme de ressource, il existe des plages de fonctionnement ;*
- *les opérations marines d'installation et de maintenance ; les conditions climatiques peuvent perturber ces opérations (immobilisation d'hommes et de matériels, etc.) et donc entraîner un surcoût des projets.*

4.1.2.1. FLUCTUATION DU NIVEAU MARIN

Les fluctuations du niveau marin peuvent avoir des incidences sur :

- les courants de marée ;
- les possibilités d'action des houles sur les fonds marins ;
- la dynamique sédimentaire qui peut en résulter.

Les fluctuations du niveau de la mer sont essentiellement liées à la marée astronomique, mais il convient de prendre en compte également :

- les surcotes ou décotes liées aux variations de pression atmosphérique, aux vents et aux houles ;
- la remontée générale du niveau marin.

4.1.2.1.1. MAREE ASTRONOMIQUE

La marée observée sur les côtes de France, a pour origine l'action gravitationnelle de la lune et du soleil sur les masses d'eau de l'Atlantique. Elle est de type semi-diurne (2 pleines-mers par jour).

Les niveaux de marée mesurés pour différents ports de Basse Normandie sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 6 : Niveau de marée pour différents ports de Basse-Normandie

Conditions de marée		Cote (en m CM)				
		Granville	Goury	Cherbourg	Grandcamp	Ouistreham
Pleines Mers	Vives Eaux exceptionnelles (coef. 120)	14.5	8.98	7.04	7.58	8.12
	Vives Eaux (coef. 95)	12.95	8.15	6.4	7.2	7.6
	Mortes Eaux (coef. 45)	9.8	6.60	5.05	5.9	6.3
Niveau moyen		7.15	5.06	3.81	4.4	4.63
Basses Mers	Mortes Eaux (coef. 45)	4.55	3.50	2.5	2.65	2.6
	Vives Eaux (coef. 95)	1.6	1.4	1.1	1.25	0.95
	Vives Eaux exceptionnelles (coef. 120)	0.5	0.29	0.29	0.52	0.05

Source : SHOM

La **Fig. 4** représente le marnage pour différents coefficients de marée pour la Basse-Normandie.

Le marnage le plus important est observé au niveau de la Baie du Mont Saint Michel (11 m pour des vives-eaux, coef. 94) et le plus faible au niveau de la façade Nord du Cotentin (6 m pour des vives-eaux, coef. 94) :

- Façade Ouest du Cotentin : le marnage diminue du Sud vers le Nord ;
- Baie de Seine : le marnage augmente d'Est en Ouest.

4.1.2.1.2. SURCOTES

A. Surcotes météorologiques

A ces niveaux d'eau dus aux marées (cf. paragraphe ci-dessus) se superposent les décotes et surcotes météorologiques qui peuvent être dues à :

- Une augmentation (respectivement diminution) de la pression atmosphérique accompagnée d'une baisse (respectivement hausse) du niveau de la mer. C'est l'effet dit du "baromètre inversé", une baisse de pression de 1 mbar correspondant à une croissance du niveau de la mer de 1 cm ;
- Une surélévation du niveau de la mer sous l'action d'un vent de mer du fait du frottement en surface.

Les décotes liées aux hautes pressions peuvent atteindre 0,25 m, et les surcotes dues aux dépressions sont usuellement de l'ordre de 0,2 à 0,3 m mais peuvent dépasser 0,5 m.

Les surcotes dues au vent peuvent quant à elles atteindre 0,5 m, voire exceptionnellement 1 m.

B. Surcotes dues à la houle

La houle provoque un accroissement du niveau de la mer lié au déferlement des vagues. Les surélévations sont alors de l'ordre de 1/10 à 1/20 de la hauteur des vagues.

4.1.2.1.3. REMONTEE DU NIVEAU DE LA MER

Le niveau moyen de la mer est affecté par une remontée lente (à l'échelle de la décennie ou du siècle) due au réchauffement général de la planète.

Suite au 4^{ème} rapport d'évaluation du GIEC (Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat, rapport 2007), l'ONERC (Observatoire National sur les Effets du Réchauffement Climatique) recommande de retenir trois hypothèses à l'horizon 2100, ceci quelle que soit la zone étudiée (*source : Synthèse n°2 – février 2010 – Direction générale de l'énergie et du climat / Service du climat et de l'efficacité énergétique / Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique*) :

- hypothèse optimiste : 0,40 m ;
- hypothèse pessimiste : 0,60 m ;
- hypothèse extrême : 1 m.

4.1.2.1.4. BILAN – NIVEAUX EXTREMES

Les statistiques relatives aux niveaux extrêmes du niveau de la mer sont issues des travaux du SHOM (2008). Ces valeurs sont en cours de révision. Le tableau suivant donne les valeurs des niveaux extrêmes pour différentes périodes de retour pour trois ports du littoral bas-normand :

Tableau 7 : Niveaux extrêmes pour différentes périodes de retour

Période de retour	Niveaux retenus (en m CM)		
	Granville	Cherbourg	Ouistreham
10 ans	14.5	7.3	8.3
50 ans	14.6	7.4	8.4
100 ans	14.7	7.5	8.5

Source : CETMEF, 2008

4.1.2.2. COURANTS

La connaissance des courants a pour objectifs :

- *De préciser la courantologie (vitesses, directions) à l'intérieur de la zone de projet et à son voisinage (état de référence) ;*
- *D'évaluer le potentiel énergétique (ce point est traité spécifiquement dans le chapitre 2).*

4.1.2.2.1. GENERALITES

Quatre types de courants marins peuvent être distingués en fonction de leurs origines :

- les courants généraux ;
- les courants engendrés par la houle à proximité du rivage ;
- les courants induits par le vent ;
- les courants de marée.

Les courants les plus importants et concernés par l'implantation des hydroliennes sont dus essentiellement à la marée.

4.1.2.2.2. COURANT DE MAREE

Les oscillations horizontales des particules d'eau sous l'effet de la marée sont appelées « courants de marée ». Ils sont périodiques : leur période est celle de la marée qui leur donne naissance. On distingue ainsi :

- le courant de flot entre la basse-mer et la pleine-mer ;
- le courant de jusant entre la pleine-mer et la basse-mer.

Au voisinage des côtes, ils sont fortement dépendants de la topographie de la côte et des phénomènes de vidange-remplissage des baies.

Ces courants ont fait l'objet d'une modélisation spécifique à l'échelle de la Basse-Normandie. Une analyse détaillée du potentiel énergétique a été réalisée. Les résultats sont présentés dans le chapitre 2.

La **Fig. 5** représente les vitesses maximums pour différents coefficients de marée ainsi que la vitesse moyenne :

- Côte Ouest du Cotentin : le flot porte au Nord à Nord-Est. Il n'y a pas de dissymétrie entre les vitesses atteintes en flot et en jusant. Les maximums de vitesses sont atteints autour de la Pleine et Basse Mer. Les sites de forts courants se situent au niveau du Raz Blanchard, à l'Ouest de l'Ile d'Aurigny et à l'Est des Iles de Guernesey et Jersey :

Tableau 8 : Vitesse du courant sur la façade Ouest du Cotentin

Localisation	Vitesse max (marée de vive-eau, coef. 94)
Raz Blanchard	2 à 4 m/s
Ouest d'Aurigny	2 à 3 m/s
Ouest de Guernesey	1.5 à 2.5 m/s
Est de Jersey	1.5 à 2.5 m/s

- Côte Nord du Cotentin : le flot porte à l'Est. La forme complexe de la côte fait naître d'importantes dissymétries entre le flot et le jusant. Ainsi, entre Barfleur et le Cap Levy, la côte est abritée du jusant, d'où une prépondérance du flot sur le jusant. C'est le phénomène inverse entre Querqueville et la Hague. Les intensités maximales sont observées au niveau de la Pointe de Barfleur.

Tableau 9 : Vitesse du courant sur la façade Nord du Cotentin

Localisation	Vitesse max (marée de vive-eau, coef. 94)
Au large de Cherbourg	2 m/s
Pointe de Barfleur	2 à 3 m/s

- Baie de Seine : Le flot porte à l'Est / Nord-Est.
 - Sur la côte du Calvados, le flot et le jusant sont sensiblement égaux avec une légère prépondérance du flot. Dans l'ensemble, les intensités du courant est faible, à l'exception de l'estuaire de la Seine.
 - La côte Est du Cotentin présente des sinuosités qui engendrent des variations de courants (intensité, direction) : entre la Pointe de Barfleur et Saint-Vaast-la-Hougue, la durée du flot est plus courte et l'intensité moindre que celle du jusant (du fait la protection de la côte). Comme sur la côte du Calvados, les vitesses sont très faibles.

Tableau 10 : Vitesse du courant en Baie de Seine

Localisation	Vitesse max (marée de vive-eau, coef. 94)
Baie de Seine	0.5 à 1 m/s
Estuaire de la Seine	1 à 2 m/s

4.1.2.3. VAGUES ET HOULES

L'analyse des houles est un élément important dans le cadre de l'implantation d'hydrolienne en mer car ces conditions déterminent de manière assez directe les charges hydrodynamiques auxquelles seront soumises les structures.

De plus, elles déterminent :

- *les opérations de mise en œuvre et de maintenance (indisponibilités...) ;*
- *les efforts auxquels sont exposées les hydroliennes ;*
- *la dynamique sédimentaire sur la zone (zone d'affouillement...).*

Plusieurs types d'agitation sont à prendre en compte :

- *Les houles d'origine océanique, générées très loin dans l'Océan Atlantique, qui peuvent atteindre le site du projet avec des caractéristiques très modifiées par des effets bathymétriques et les phénomènes de réfraction et diffraction au cours de leur propagation dans la Manche ;*
- *Les mers de vents levés dans la Manche Orientale ;*
- *Les clapots locaux qui se développent sous l'action directe des vents agissant sur une zone d'extension limitée.*

Les données de houles moyennes au large sont issues de la base de données ANEMOC (Atlas Numérique d'Etats de Mer Océaniques et Côtiers) : ces données sont le résultat de simulations numériques de houle, effectuées avec le logiciel de modélisation des états de mer TOMAWAC, (logiciel développé par EDF R&D - LNHE avec le soutien du CETMEF). Ces simulations ont été réalisées sur près de 24 ans (entre le 1er janvier 1979 et le 31 août 2002) avec des données de vent de la ré-analyse européenne ERA-40 du Centre Européen de Prévision à Moyen Terme (ECMWF).

Les caractéristiques de la houle en Basse-Normandie varient de manière importante, en raison de :

- la morphologie générale du littoral (la presqu'île du Cotentin qui protège la Baie de Seine des houles d'Ouest) ;
- la présence des diverses îles et hauts fonds rocheux devant la côte Ouest du Cotentin.

Ainsi, la façade Ouest est la plus exposée aux fortes houles. En revanche, à l'Est du Cotentin, l'agitation des eaux est surtout liée aux vents locaux générant des clapots ou « mers de vent ». Ces éléments doivent être analysés dans le cadre d'études de détails. Ils sont fournis à titre d'indication dans ce rapport.

Le tableau ci-après récapitule les caractéristiques des houles annuelles au niveau des deux points ANEMOC les plus proches du Raz Blanchard (cf. **Fig. 6** et **Fig. 7**) :

Tableau 11 : Caractéristiques des houles annuelles au large de la Basse-Normandie

Caractéristique de la houle annuelle	Caractéristiques		Point 3534 (entre les îles Chausey et Jersey)	Point 2291 (Sud du Raz Blanchard)	Point 2394 (Nord du Raz Blanchard)	Point 2379 (Pointe de Barfleur)	Point 2591 (Baie de Seine)
	Direction principale		270° à 300° (max pour 285°)	270° à 285° (max pour 270°)	270° à 285° (max pour 285°)	270° à 315° (max pour 300°)	285° à 330° (max 315°)
	Hauteur significative spectrale	Max.	7m	7 m	6 m	5 m	4 m
		Moy.	1m	1 m	1 m	1 m	0.5 m
	Période moyenne	Max.	15 s	14 s	12 s	11 s	11 s
		Moy.	5 s	5 s	5 s	4 s	4 s

Source : ANEMOC

4.1.3. CARACTERISTIQUES GEOLOGIQUES ET GEOMORPHOLOGIQUES GENERALES – NATURE DES FONDS

L'analyse de la nature des fonds est un élément fondamental dans le cadre de l'implantation des hydroliennes en mer : ces caractéristiques déterminent directement le type des fondations (dimensionnement ...) à mettre en œuvre, le type d'enfouissement des câbles ainsi que le comportement des sols après implantation des hydroliennes (affouillement...).

4.1.3.1. GEOLOGIE – DONNEES GENERALES

La Manche appartient, géologiquement, à deux domaines (cf. **Fig. 8**) :

- le Bassin Parisien dans sa partie Est, correspondant aux formations secondaires ;
- le Massif Armoricaïn dans sa partie Ouest qui correspond à l'ensemble des formations intrusives (surtout des granits) et primaires (en particulier des grés et des schistes).

Les formations quaternaires intéressant le régime des côtes se présentent sous deux aspects principaux : formation de la bordure littorale et remblayage des zones dépressionnaires.

- Façade Ouest et Nord du Cotentin : formé de terrains paléozoïques, le Cotentin est une fraction de la partie normande du massif armoricaïn (granites, schistes...). Les axes des plis s'y orientent suivant une direction générale Ouest-Est ;
- Baie de Seine : les affleurements du substratum mésozoïque sous-marin sont rares, souvent masqués par des formations meubles (Larsonneur, 1971). Les affleurements terrestres triasiques et jurassiques (calcaire, marne) s'ordonnent en série monoclinale à pendage Nord-Est à Est-Nord-Est depuis le Cotentin jusqu'à la région havraise. Les principaux accidents tectoniques sont de longues failles généralement de direction Est-Ouest. La Baie de Seine reste actuellement marquée par une large dépression Nord-Ouest / Sud-Est, cicatrice héritée de l'ancienne paléovallée de la Seine.

4.1.3.2. ETAT ET NATURE DES FONDS

L'analyse de la nature des fonds repose sur l'examen de données sédimentologiques diverses :

- Catalogue sédimentologique des Côtes de France « Tome 3 : De la Baie du Mont-St-Michel à la Baie de Seine (LCHF) » ;
- Les cartes sédimentologiques (cartes G) du SHOM ;
- Les cartes morphosédimentaires d'IFREMER.

Une carte synthétique reprend les principales couvertures sédimentaires de la zone d'étude (cf. **Fig. 9**). D'une manière générale, les fonds se répartissent de la façon suivante :

- Façade Nord et Ouest du Cotentin :
 - Du Raz Blanchard à l'île Jersey : les fonds sont essentiellement constitués de rochers, graviers et cailloutis. Ceci est à rattacher à la vitesse importante des courants dans ce secteur. Il est probable que les matériaux meubles ne constituent que des placages peu épais sur le bed-rock (quelques décimètres à quelques mètres au plus) ;

Les faciès sableux et vaseux sont assez peu abondants. On les trouve essentiellement au large, entre Diélette et Carteret ;
 - De l'île Jersey au Mont Saint Michel : en bordure de littoral et dans les baies/havres (abri favorisant le dépôt des éléments fins), les sédiments superficiels sont essentiellement sableux et vaseux. Plus au large, on trouve également des cailloutis et des graviers au-delà des isobathes -10 m CM environ.

■ Baie de Seine :

La Baie de Seine est de manière générale caractérisée par des sédiments moyens à grossiers, à l'exception :

- l'estuaire de la Seine et la Baie de Veys où l'on trouve des sédiments plus fins, et localement des faciès vaseux à sablo-vaseux ;
- des bordures du Cotentin où les sédiments sont très grossiers avec des affleurements rocheux. Ceci est à rattacher à la vitesse des courants dans ces secteurs.

4.2. CONTRAINTES LIEES AU MILIEU VIVANT

En milieu marin, il est possible de distinguer :

- les espèces benthiques, qui vivent sur le fond : anémones, éponges, algues, vers, coquillages, crabes, araignées, ... ;
- Les espèces pélagiques, qui vivent dans la colonne d'eau : algues, spores, méduses, larves, œufs, céphalopodes, poissons, mammifères marins...

4.2.1. PEUPLEMENT BENTHIQUE

Le benthos regroupe l'ensemble des organismes vivants en relation étroite avec les fonds subaquatiques. Les espèces benthiques littorales constituent des témoins permanents de l'environnement car elles intègrent les caractéristiques écologiques locales, soumises à des fluctuations naturelles ou générées par les activités humaines. Les espèces sont des témoins de la richesse du milieu.

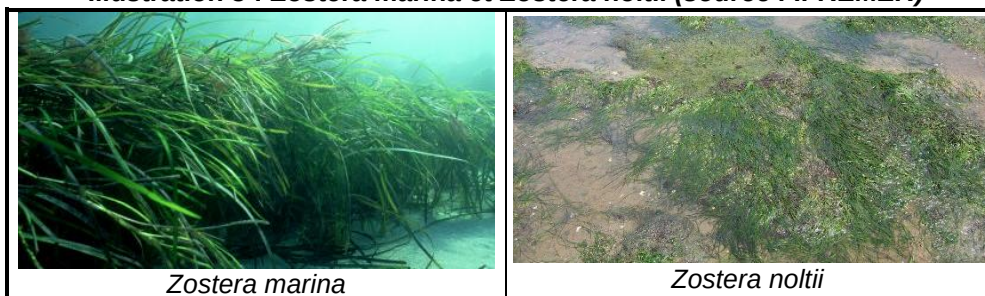
La répartition des peuplements benthiques est fortement variable en fonction de différents paramètres :

- la nature des fonds et des faciès sédimentaires ;
- la bathymétrie ;
- les conditions d'agitation.

4.2.1.1. FLORE

Le long des côtes de la Manche, les seuls angiospermes vivant en milieu marin sont *Zostera marina* (espèce infralittorale) et *Zostera noltii* (espèce intertidale). De part leurs exigences écologiques, ces plantes se développent sur des substrats sableux ou vaseux, en conditions hydrodynamiques relativement calmes, à la limite de l'infralittoral et du médiolittoral. L'espèce la plus répandue, *Z. marina*, laisse place très localement à *Z. noltii*. On les trouve essentiellement au niveau de l'archipel des Chausey, de Granville (herbiers de zostères), la façade Nord du Cotentin (*Fucales*, *rhodophycées*, *La minaria hyperborea*, *la minaria digitata*, *la minaria ochroleuca*, *la minaria saccharina*...), sur le plateau du Calvados (*la minaria digitata*, *la minaria saccharina*).

Illustration 3 : *Zostera marina* et *Zostera noltii* (source : IFREMER)



4.2.1.2. FAUNE BENTHIQUE

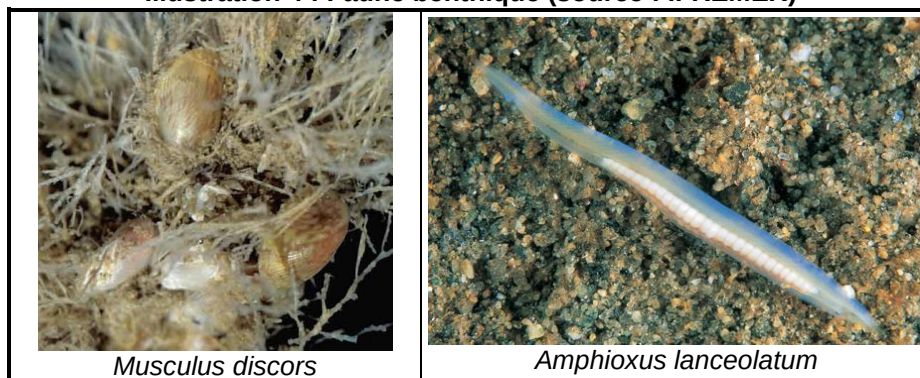
Cf. **Fig. 10**

Les peuplements benthiques sont structurés par les gradients édaphiques locaux, leur ordonnancement étant lié aux séquences sédimentaires, elles-mêmes dépendantes de l'hydrodynamisme. Par conséquent, les peuplements caractéristiques des sédiments grossiers sont distribués dans les zones du large à forts courants de marée ; ils occupent la majeure partie de la Manche. Les peuplements de sables fins ou de sables envasés sont cantonnés près des côtes dans des zones de faible hydrodynamisme.

Les principales biocénoses subtidales rencontrées sur la façade bas-normande dans un ordre hydrodynamique décroissant sont (Dauvin, 1997) :

- Le peuplement d'épifaune des fonds durs à *Musculus discors*, caractéristique des régions à courant de marée très violents ;
- Le peuplement des fonds caillouto-graveleux à épibiose sessile, avec différents aspects, et plus ou moins riche en épifaune ;
- Le peuplement des sables grossiers à *Amphioxus lanceolatum* ;
- Le peuplement des sables fins à moyens propres dunaires ;
- Le peuplement des sables très fins à fins plus ou moins envasés avec différents faciès selon l'envasement.

Illustration 4 : Faune benthique (source : IFREMER)



La répartition des peuplements benthiques n'est pas une contrainte particulière pour l'implantation des projets d'hydroliennes (faible emprise sur le fond...), sauf dans le cas où ces habitats constitueraient des nurseries halieutiques.

4.2.2. ESPECES PELAGIQUES

4.2.2.1. RESSOURCES HALIEUTIQUES

Cf. **paragraphe 4.4.2- Pêche professionnelle.**

4.2.2.2. MAMMIFERES MARINS

Les mammifères marins constituent une forte contrainte pour les projets hydroliennes. En effet, les impacts potentiels directs ou indirects (bruits, vibrations, perte d'espaces d'alimentation...) sur ces espèces sont encore mal connus et les zones de forte densité de mammifères marins sont de ce fait généralement « évitées ».

Ce paragraphe a été rédigé à partir :

- Des données répertoriées par l'organisme « Inventaire National du Patrimoine Naturel » sur les zones Natura 2000 de Basse-Normandie ;
- De l'étude GREET réalisée pour l'ADEME en 2000.

Tableau 12 : Récapitulatif des protections des principales espèces de mammifères marins

			Grand dauphin	Phoque gris	Dauphin commun	Phoque veau-marin	Globicéphale noir	Marsouin commun	Dauphin de Risso	Espèces rares : petit rorqual, baleine à bec...
Type de réglementation pour la protection de l'espèce	Communautaire	Directive Habitats-Faune-Flore : Annexe II	X	X	-	X	-	X	-	
		Directive Habitats-Faune-Flore : Annexe V	-	X	-	X	-	-	-	
		Règlement communautaire CITES : Annexe A	X	-	X	-	X	X	X	
	International	Convention de Berne : Annexe II	X	-	X	-	X	X	X	
		Convention de Berne : Annexe III	-	X	-	X	-	-	-	
		Convention de Bonn : Annexe II	X	X	X	X	X	X	X	
	De portée nationale	Vertébrés menacés d'extinction	X	X	-	X	-	X	-	
		Mammifères marins protégés : Article 1	X	X	X	X	X	X	X	

Remarque : pour les détails concernant les protections des espèces, se reporter à l'étude support « Etude mammalogique en vue de l'installation d'hydroliennes dans le Raz Blanchard ».

La répartition des mammifères marins reste mal connue. Les spécialistes ont une bonne connaissance du peuplement. Cependant, leur structure, évolution et répartition spatio-temporelle des animaux sont peu connues sur le littoral étudié, en particulier sur les zones de forts courants (zone difficile d'accès, donc peu d'observation). Néanmoins, le littoral bas-normand est fréquenté par de nombreuses espèces :

Tableau 13 : Répartition/observation des mammifères marins

		Grand dauphin	Dauphin commun	Phoque gris	Phoque veau-marin	Marsouin commun	Globicéphale noir
Ouest Cotentin*	Cap d'Erquy, Cap Fréhel	x	Non répertorié	x		x	Non répertorié
	Baie de Lancieux, baie de l'Arguenon, côte de Saint-Briac à Dinard	x					
	Baie du Mt St Michel	x		x	x	x	
	Iles Chausey	x		x	x	x	
	Littoral Ouest du Cotentin de Brehal à Prou			x	x		
	Banc et récifs de Surtainville	x		x	x	x	
	Anse de Vauville	x		x	x	x	
	Récifs et landes de la Hague	x		x	x	x	
Nord Cotentin*	Récifs et marais arrière-littoraux du Cap Lévi à la Pointe de Saire	x		x	x	x	
Baie de Seine*	Baie de Seine occidentale	x		x	x	x	
	Marais du Cotentin et du Bessin - baie des Veys				x		
	Baie de Seine orientale	x		x	x	x	
Présence en région Basse Normandie**		Visiteur régulier, localement sédentaire	Visiteur régulier ; plus abondant autrefois	Dans le Cotentin, le Phoque gris est régulier mais en petit nombre	Régulier mais en petit nombre	Visiteur régulier en forte diminution numérique au cours du XX ^{ème} siècle.	Régulier, notamment en période migratoire.

* Source : NATURA 2000

** Source : GREET

4.2.3. AVIFAUNE

En raison de l'immersion des turbines à plusieurs kilomètres des côtes (donc impact du projet quasi nul sur l'avifaune), le paramètre « Avifaune » n'est pas déterminant dans le choix d'implantation des hydroliennes.

Le littoral de la Manche est une zone potentiellement et globalement sensible pour l'avifaune, principalement pour les migrations, mais également pour les stationnements internuptiaux, l'hivernage et localement la reproduction. Seuls les oiseaux pélagiques et les oiseaux marins côtiers sont susceptibles d'être impactés par le projet hydrolien :

- Oiseaux pélagiques : le groupe des oiseaux pélagiques regroupe les membres de plusieurs familles, tout particulièrement le Fulmar, les Fous, les Laridés et les Alcidés. En période de reproduction, ces espèces nichent sur les côtes de la Manche, mais s'alimentent la plupart du temps très au large. En période internuptiale, beaucoup d'espèces deviennent moins attachées au littoral et peuvent se disperser très au large à la recherche de nourriture. La majorité des effectifs de ces espèces se reproduit dans le Nord des Îles Britanniques et en Scandinavie, voire au Groënland. Le pourtour du Cotentin est utilisé à la fois pour la recherche d'alimentation, le repos, le transit migratoire et l'hivernage. Les effectifs concernés pour certaines espèces, comme le Pétrel fulmar (*Fulmarus glacialis*) et la Mouette tridactyle (*Rissa tridactyla*), confèrent un intérêt national au Cotentin ;
- Oiseaux marins côtiers : cette catégorie comprend les Canards marins, les Plongeurs, les Grèbes, les Cormorans et les Sternes. Quelques espèces de Laridés, notamment la Mouette rieuse (*Larus ridibundus*), appartiennent également à ce groupe. Ces espèces apparaissent généralement dans une bande côtière, toujours située plus ou moins en vue des côtes. Elles peuvent gagner des zones plus au large, notamment sur les hauts-fonds. Des effectifs importants de ces espèces se reproduisent sur les côtes du Cotentin. Toutefois, il y a des apports considérables, en migration et en hivernage, de secteurs situés en dehors de la Mer du Nord, notamment pour les Anatidés marins. Ce groupe utilise l'aire d'étude toute l'année, avec des pics d'abondance très marqués en période internuptiale. L'aire d'étude est utilisée à la fois pour la recherche d'alimentation, le repos, le transit migratoire et l'hivernage.

4.3. CONTRAINTES LIEES AUX PAYSAGES ET AUX PROTECTIONS DU MILIEU NATUREL

4.3.1. ZONES DE PROTECTION DU PAYSAGE

L'enjeu paysager est particulièrement sensible pour :

- les projets d'hydroliennes ayant des parties émergées (structure...) ;
- les postes de raccordement.

La protection du paysage s'inscrit dans un cadre réglementaire bien défini, celui des sites classés et des sites inscrits (loi du 2 mai 1930).

4.3.1.1. SITE CLASSE

4.3.1.1.1. PREAMBULE

Institué par le décret n° 69-607 du 13 juin 1969, en application de la loi du 2 mai 1930, le classement d'un site naturel ou bâti en « site classé » a pour objet de le protéger et de le conserver en l'état.

Le classement d'un monument naturel ou d'un site offre une protection renforcée en comparaison de l'inscription, en interdisant, sauf autorisation spéciale du Ministère de l'Environnement, la réalisation de tous travaux (autres que ceux d'entretien) tendant à modifier l'aspect du site.

4.3.1.1.2. APPLICATION A LA ZONE D'ETUDE

La **Fig. 11** représente les sites classés en Basse-Normandie. Deux secteurs du littoral sont particulièrement marqués par la présence de sites classés :

- La Baie du Mont Saint Michel ;
- La Pointe de la Hague, au niveau du Raz Blanchard.

4.3.1.2. SITE INSCRIT

4.3.1.2.1. PREAMBULE

Institué par le décret n° 69-607 du 13 juin 1969, en application de la loi du 2 mai 1930, l'inscription d'un site (milieux et paysages) a pour objet de le conserver en l'état. L'inscription concerne des monuments naturels et des sites méritant d'être protégés mais ne présentant pas un intérêt suffisant pour justifier leur classement. Tous travaux autres que ceux d'entretien étant soumis à déclaration auprès du Ministère de l'Environnement.

4.3.1.2.2. APPLICATION A LA ZONE D'ETUDE

La **Fig. 11** représente les sites inscrits en Basse-Normandie. Deux secteurs du littoral sont particulièrement marqués par la présence de sites inscrits :

- L'estuaire de la Seine ;
- La Pointe de la Hague, au niveau du Raz Blanchard.

4.3.2. ZONES DE PROTECTION DU PATRIMOINE NATUREL

La protection du littoral et des zones côtières relève essentiellement de la responsabilité de l'Etat. Les dispositifs de protection sont assez nombreux et décrits dans les paragraphes ci-après.

4.3.2.1. PROTECTION LEGISLATIVE : LOI LITTORAL

La prise de conscience de l'importance économique du littoral et des multiples convoitises dont il fait l'objet a rendu indispensable l'intervention d'une norme de valeur juridique supérieure chargée d'arbitrer entre les multiples utilisations du littoral. C'est dans cet esprit qu'a été votée avec un large consensus parlementaire, la loi " littoral " du 3 janvier 1986. Ainsi les objectifs de la Loi Littoral sont :

- L'orientation et la limitation de l'urbanisation dans les zones littorales ;
- La protection des espaces remarquables, caractéristiques du patrimoine naturel et culturel du littoral et la préservation des milieux nécessaires au maintien des équilibres biologiques ;
- La protection des espaces boisés les plus significatifs ;
- La gestion de l'implantation des nouvelles routes et des terrains de camping et de caravanage ;
- L'affectation prioritaire du littoral au public.

La loi Littoral comprend des dispositions qui ont été intégrées dans le Code de l'urbanisme (livre premier, chapitre VI, dispositions particulières au littoral), dans le Code de l'environnement (livre III, titre deuxième, littoral). Ainsi, le Code de l'Urbanisme fixe notamment trois grands principes :

- les opérations d'aménagement admises à proximité du rivage organisent ou préservent le libre accès du public à celui-ci (art. L.146-3 du Code de l'urbanisme) ;
- en dehors des espaces urbanisés, les constructions ou installations sont interdites sur une bande littorale de 100 m à compter de la limite haute du rivage (art. L. 146-4 III du Code de l'urbanisme) ;
- des dispositions sont prises pour préserver les espaces terrestres et marins, sites et paysages remarquables ou caractéristiques du patrimoine naturel et culturel du littoral, et les milieux nécessaires au maintien des équilibres biologiques (art. L.146-6 du Code de l'urbanisme).

Le projet de décret (en consultation jusqu'au 13 octobre 2011) définit, en application de dispositions résultant de la loi du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement relative au droit de l'urbanisme applicable en zone littorale et de l'article L.421-5 du code de l'urbanisme, les constructions dispensées de formalité au titre du code de l'urbanisme en raison de leur nature et de leur implantation sur le domaine public maritime, à savoir les installations de production d'électricité à partir de sources d'énergie renouvelable.

Ainsi, ce projet de décret modifie l'article L.146-2 du code de l'urbanisme en précisant :

« peuvent être implantés dans les espaces et milieux mentionnés à cet article, après enquête publique dans les cas prévus par les articles R. 123-1 à R. 123-33 du code de l'environnement, les aménagements légers suivants, à condition que leur localisation et leur aspect ne dénaturent pas le caractère des sites, ne compromettent pas leur qualité architecturale et paysagère et ne portent pas atteinte à la préservation des milieux :

f. Les ouvrages souterrains de raccordement aux réseaux publics de transport ou de distribution d'énergie, destinés à desservir les installations de production d'électricité à partir de sources d'énergie renouvelables, situées sur le domaine public maritime immergé ».

Ceci implique, néanmoins, des contraintes fortes de réalisation : au niveau de la zone d'atterrissage, obligation de faire un forage dirigé : *DECRET pris pour l'application des articles 90, 167 et 241 de la loi n° 2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement ...).*

4.3.2.2. ELEMENTS DE PROTECTION REGLEMENTAIRE

Cf. *Fig. 12*

4.3.2.2.1. RESERVE NATURELLE

A. Préambule

Les Réserves Naturelles sont un des outils chargés de la mise en œuvre de la stratégie nationale de la biodiversité. Le classement en Réserve Naturelle Nationale (RNN) procède de :

- la volonté d'assurer la conservation d'éléments du milieu naturel d'intérêt national ;
ou
- la volonté d'assurer la mise en œuvre d'une réglementation communautaire ;
ou
- l'obligation résultant d'une convention internationale.

Les réserves naturelles sont des territoires classés lorsque la conservation de la faune, de la flore, du sol, des eaux, de gisements de minéraux et de fouilles et, en général, du milieu naturel présente une importance particulière ou qu'il convient de les soustraire à toute intervention artificielle susceptible de les dégrader.

La mise en réserve permet de protéger des parties de territoire dont la faune et la flore, le sol, les eaux, les gisements de minéraux présentent une richesse particulière. Elle introduit des contraintes réglementaires très strictes afin de préserver l'intégrité du site et des espèces y vivant. Ainsi, toute action susceptible de nuire au développement de la flore et de la faune ou d'entraîner la dégradation des biotopes et du milieu naturel peut être réglementée et interdite.

B. Application au projet

Le littoral de Basse-Normandie comprend plusieurs Réserves Naturelles Nationales :

- Mare de Vauville RN03 (au Sud du Raz Blanchard) ;
- Domaine de Beauguillot RN04 (Baie des Veys) ;
- Falaise du Cap Romain RN06 (Bernière-sur-Mer) ;
- Estuaire de la Seine RN08.

Ce classement ne constitue pas une contrainte, sauf en cas d'atterrissage potentiel sur le site.

4.3.2.2.2. ARRETES DE PROTECTION DE BIOTOPE

A. Préambule

L'arrêté de protection de biotope est défini par une procédure qui vise à la conservation de l'habitat (entendu au sens écologique) d'espèces protégées. Un arrêté de protection de biotope s'applique à la protection de milieux peu exploités par l'homme et abritant des espèces animales et/ou végétales sauvages protégées. Il permet au préfet de fixer, par arrêté, les mesures tendant à favoriser, sur tout ou partie du territoire d'un département, la conservation des biotopes nécessaires à l'alimentation, à la reproduction, au repos ou à la survie d'espèces protégées.

Les objectifs sont la préservation de biotopes (entendu au sens écologique d'habitat) tels que dunes, landes, pelouses, mares,... nécessaires à la survie d'espèces protégées en application des articles L. 211-1 et L. 211-2 du code rural et plus généralement l'interdiction des actions pouvant porter atteinte à l'équilibre biologique des milieux. L'arrêté fixe les mesures qui doivent permettre la conservation des biotopes. La réglementation édictée vise le milieu lui-même et non les espèces qui y vivent (maintien du couvert végétal, du niveau d'eau, interdiction de dépôts d'ordures, de constructions, d'extractions de matériaux,...).

B. Application à la zone d'étude

Sur le littoral de la basse-Normandie, se trouvent plusieurs arrêtés de protection de biotope :

- Falaises de Jobourg, APPB N° AB016 (Jobourg) ;
- Cordons dunaires à Chou marin APPB N° AB002 (Pointe de la Hague -Omonville-la-Petite- et Pointe de Barfleur -Cosqueville, Fermanville, Gouberville et Gatte-le-Phare-).

Ce classement ne constitue pas une contrainte, sauf en cas d'atterrissage potentiel sur le site.

4.3.2.2.3. *PARC NATUREL MARIN*

A. Préambule

Les objectifs d'un Parc Naturel Marin sont de :

- Contribuer à la connaissance du patrimoine marin ainsi qu'à la protection et au développement durable du milieu marin ;
- associer les collectivités territoriales et les usagers aux décisions de l'Etat en mer, autour d'un objectif de protection et de gestion durable, dans une optique de gestion intégrée des activités. Cela vise de vastes espaces sur lesquels coexistent patrimoine naturel remarquable, écosystèmes de qualité et activités multiples.

Chaque Parc Naturel Marin dispose d'un conseil de gestion qui se prononce sur les questions intéressant le parc et élabore son plan de gestion. A cet égard, le conseil de gestion peut proposer aux autorités de l'Etat compétentes en mer toute mesure nécessaire à la protection et à la gestion durable du Parc, notamment en matière d'occupation du domaine public maritime, d'utilisation des eaux, de pêche, de circulation, de loisir, d'utilisation des ondes, de mouillage des navires...

Lorsqu'une activité est susceptible d'altérer de façon notable le milieu marin d'un Parc Naturel Marin, l'autorisation à laquelle elle est soumise ne peut être délivrée que sur avis conforme de l'Agence des aires marines protégées ou, sur délégation, du conseil de gestion, sauf exceptions relatives aux activités répondant aux besoins de la défense nationale, de l'ordre public, de la sécurité maritime et de la lutte contre la pollution.

B. Application au site de projet

Actuellement, un projet de parc marin « Parc du golfe normand-breton » est à l'étude. Il s'étendrait probablement du Cap-Fréhel (Côtes-d'Armor) au Cap de La Hague (Manche).

La mise en place d'une ferme hydrolienne n'est pas incompatible avec la présence d'un parc marin (exemple : mise en place d'hydroliennes dans le parc d'Iroise).

4.3.2.3. ELEMENTS DE GESTION CONTRACTUELLE ET ENGAGEMENT INTERNATIONAUX

Cf. **Fig. 13**

4.3.2.3.1. NATURA 2000 – NATURA 200 MER

A. Préambule

Natura 2000

Le réseau Natura 2000 a été initié par l'Union Européenne en 1992 pour la préservation de la diversité biologique.

Les sites Natura 2000 n'ont pas de statut réglementaire. Il s'agit d'une zone géographique au sein de laquelle les acteurs doivent œuvrer pour :

- conserver les habitats et les populations d'espèces (faune et flore) d'importance communautaire ;
- éviter les perturbations qui affecteraient les habitats et les espèces.

La concertation entre les acteurs du site permet d'élaborer un document d'objectifs dans lequel sont détaillés les objectifs qui concourent au maintien ou à l'amélioration de l'état de conservation des habitats naturels et des espèces pour lesquels le site a été désigné.

Ainsi, la directive " Habitats " du 22 mai 1992 détermine la constitution d'un réseau écologique européen de sites Natura 2000 comprenant :

- des Zones Spéciales de Conservation (ZSC) classées au titre de la directive "Habitats" : il s'agit de sites maritimes et terrestres (habitats naturels, habitats d'espèces de faune et de flore sauvages) dont la liste est fixée par arrêté du ministre en charge de l'environnement et dont la rareté, la vulnérabilité ou la spécificité justifient une attention particulière. Un site "proposé" sera successivement une proposition de site d'Importance communautaire (pSIC), puis un SIC après désignation par la commission européenne, enfin une Zone Spéciale de Conservation (ZSC) après arrêté du ministre chargé de l'Environnement ;
- des Zones de Protection Spéciale (ZPS) classées au titre de la directive " Oiseaux " en date du 23 avril 1979 : il s'agit de sites maritimes et terrestres particulièrement appropriés à la survie et à la reproduction d'espèces d'oiseaux sauvages, figurant sur une liste arrêtée par le ministre chargé de l'environnement ou qui servent d'aires de reproduction, de mue, d'hivernage ou de zones de relais à des espèces d'oiseaux migrateurs.

Natura 2000 en mer

Au cours de son 6^e programme d'actions pour l'environnement en 2002, l'Union Européenne a défini dans son plan d'action pour la biodiversité, sa volonté de créer un réseau d'Aires Marines Protégées (AMP) afin de respecter la volonté internationale de préserver le milieu marin. Le réseau Natura 2000 est apparu comme l'outil le plus approprié pour définir un réseau cohérent d'AMP à l'échelle des pays côtiers d'Europe. Ce projet s'inscrit dans la continuité de celui de la Directive Cadre «stratégie pour le milieu marin» dont le but est de parvenir à un bon état écologique du milieu marin, d'assurer de façon constante la protection de ce milieu et d'éviter sa détérioration.

La France a initié la création du réseau «Natura 2000 en mer» par la circulaire du 20 novembre 2007 (Circulaire DNP/SDEN N° 2007). Faisant suite au plan d'action « mer » de la stratégie nationale pour la biodiversité, cette circulaire définit les secteurs potentiellement intéressants pour la conservation des espèces et des habitats.

Aucun document d'objectif n'est actuellement rédigé sur lequel s'appuyer pour évaluer les incidences des opérations par rapport à l'état de conservation des sites Natura 2000 en mer.

B. Application à la zone d'étude

Plusieurs sites Natura 2000 sont présents en mer, sur le littoral et terrains arrières au niveau de la zone d'étude. Leur position est indiquée sur la **Fig. 13**.

La liste (non exhaustive) ci-après précise le nom des principaux sites Natura 2000 s'étendant en mer :

- Directive « Habitats » SIC-PSIC s'étendant en mer
 - Baie du Mont-Saint-Michel (FR2500077) ;
 - Chausey DH (FR2500079) ;
 - Banc et récifs de Surtainville (FR2502018) ;
 - Récifs et landes de la Hague (FR2500084) ;
 - Anse de Vauville (FR2502019) ;
 - Récifs et marais arrière-littoraux du Cap Levi à la Pointe de Saire (FR2500085) ;
 - Baie de Seine Occidentale (FR2502020) ;
 - Marais du Cotentin et du Bessin - Baie des Veys (FR2500088) ;
 - Baie de Seine Orientale (FR2502021) ;
 - Estuaire de la Seine (FR2300121) ;
- Directive « Oiseaux » (ZPS) s'étendant en mer
 - Baie du Mont Saint Michel (FR2510048) ;
 - Chausey (FR2510037) ;
 - Landes et dunes de la Hague (FR2512002) ;
 - Baie de Seine Occidentale (FR2510047) ;
 - Basses vallées du Cotentin et du Bessin et Baie des Veys (FR2510046) ;
 - Falaise du Bessin Occidental (ZPS01) ;
 - Estuaire de l'Orne (ZPS06) ;
 - Littoral augeron (ZPS07) ;
 - Estuaire de la Seine (FR2310044).

4.3.2.3.2. RAMSAR

A. Préambule

Les zones RAMSAR sont « *des étendues de marais, de fagnes, de tourbières ou d'eaux naturelles ou artificielles, permanentes ou temporaires, où l'eau est stagnante ou courante, douce, saumâtre ou salée, y compris des étendues d'eau marine dont la profondeur à marée basse n'excède pas six mètres* » (Convention de RAMSAR).

Leur choix est fondé sur leur importance internationale du point de vue écologique, botanique, zoologique, limnologique ou hydrologique.

Les objectifs principaux sont :

- Eviter la disparition irréparable et l'empiètement progressif sur les zones humides ;
- Assurer la conservation des zones humides, de leurs ressources en eau, de leur flore et de leur faune, en conjuguant des politiques nationales à long terme à une action internationale coordonnée.

B. Application au site de projet

La zone d'étude est marquée par la présence de plusieurs zones RAMSAR :

- Baie du Mont Saint-Michel ZH002 ;
- Marais du Cotentin et du Bessin - Baie des Veys ZH001 ;
- Alderney : Alderney West Coast and the Burhou Islands;
- Guernsey : Lihou Island and l'Erée Headland;
- Jersey : les Ecrehous et les Dirouilles ;
- Jersey : les Pierres de Lecq ;
- Jersey : South East Coast of Jersey, Channel Islands;
- Jersey : les Minquiers.

4.3.2.4. INSCRIPTION AUX INVENTAIRES FAUNISTIQUES ET FLORISTIQUES

Cf. **Fig. 14**

4.3.2.4.1. ZNIEFF I ET II

A. Préambule

Les Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique correspondent à des secteurs terrestre, fluvial et marin particulièrement intéressants sur le plan écologique, notamment en raison de l'équilibre ou de la richesse des écosystèmes qu'ils constituent, de la présence d'espèces végétales ou animales rares et menacées.

Les objectifs sont de :

- Mieux connaître le patrimoine naturel en contribuant à l'inventaire des richesses écologiques, faunistiques et floristiques ;
- Avoir une base de connaissances (inventaire cartographique) afin de permettre une meilleure détermination de l'incidence des projets sur ces milieux.

L'inscription à ces inventaires ne relève pas juridiquement d'un statut de protection, ni même d'un engagement de conservation. Il n'a donc pas d'effet direct sur les activités humaines (agriculture, chasse, pêche,...) qui peuvent continuer à s'y exercer sous réserve du respect de

la législation sur les espèces protégées. La prise en compte correcte d'une inscription à un inventaire écologique constitue toutefois un élément important de l'évaluation des incidences d'un aménagement sur le milieu naturel.

On distingue deux catégories de zones :

- Les ZNIEFF de type I, de superficie réduite, sont des espaces homogènes d'un point de vue écologique et qui abritent au moins une espèce et/ou un habitat rare ou menacé, d'intérêt aussi bien local que régional, national ou communautaire;
- Les ZNIEFF de type II sont de grands ensembles naturels riches, ou peu modifiés, qui offrent des potentialités biologiques importantes. Elles peuvent inclure des zones de type I et possèdent un rôle fonctionnel ainsi qu'une cohérence écologique et paysagère.

B. Application à la zone d'étude

La quasi-totalité du littoral Bas-normand est marquée par la présence de ZNIEFF de type I ou II. Le littoral présente donc une sensibilité particulière dont il faudra tenir compte au niveau de la zone d'atterrage (exemple : mise en place de forage dirigé...).

4.3.2.5. PROTECTION PAR MAITRISE FONCIERE : TERRAINS DU CONSERVATOIRE DU LITTORAL

Les objectifs du Conservatoire du Littoral sont de mener une politique foncière, en partenariat avec les collectivités territoriales, de sauvegarde de l'espace littoral et de maintien des sites naturels et de l'équilibre écologique, par l'acquisition de sites fragiles et menacés, en vue de leur protection définitive.

Les acquisitions du Conservatoire du littoral sont réalisées majoritairement par la voie amiable mais aussi par la voie de la préemption au titre des espaces naturels sensibles (ou en droit propre) et si besoin est, par voie d'expropriation.

Les biens acquis par le Conservatoire du littoral sont du domaine public, dès lors qu'ils sont classés dans son domaine propre. Ils sont donc imprescriptibles et quasi-inaliénables. L'acquisition en pleine propriété des terrains confère au Conservatoire du littoral tous les droits liés au statut de propriétaire.

Sur la zone d'étude, de nombreux terrains ont été acquis par le Conservatoire du Littoral. Il s'agit d'une contrainte importante de domanialité, à prendre en compte dans le choix de la zone d'atterrage.

4.4. CONTRAINTES DU MILIEU HUMAIN

Les enjeux liés aux activités humaines et aux usages résident dans l'occupation du domaine maritime et le partage de l'espace.

Les activités et usages sont déterminants dans le choix de la zone d'implantation des hydroliennes, en particulier les paramètres suivants :

- Tirant d'eau des navires susceptibles de fréquenter la zone d'implantation des hydroliennes ;
- Type et localisation de métiers professionnels : en effet, la pêche constitue l'activité la plus sensible : les professionnels de la mer (pêche en mer, aquaculture, conchyliculture), confrontés à une situation économique sensible et à une raréfaction de la ressource, s'inquiètent de voir s'installer de nouveaux « concurrents » sur leur espace de travail. Les pêcheurs cherchent donc à minimiser l'incidence des projets sur leurs activités. Les impacts potentiels sont de deux natures :
 - limitation de l'accès aux zones de pêches ;
 - perturbation potentielle de la ressource halieutique.

En raison de sa complexité, l'activité de pêche est difficile à cartographier. Cependant, la gestion de la ressource est un des critères clé de l'élaboration d'un scénario d'implantation des énergies marines renouvelables. Il sera donc important d'informer et d'associer les acteurs socio-économiques aux projets, dans le cadre des instances existantes : Commission Nautique locale, Comité local de la Pêche.

- Servitudes (câbles, zones militaires....).

4.4.1. TRAFIC MARITIME

4.4.1.1. TRAFIC ET VOIES MARITIMES EN MANCHE

4.4.1.1.1. DENSITE DU TRAFIC

La Manche est une zone d'activités maritimes historiquement dense, le plus puissant carrefour maritime du monde (A. Vigarié, 1979). Elle représente, en effet, un lieu de transit obligatoire pour les navires circulant entre l'océan Atlantique et le Northern Range, première façade portuaire du monde qui s'étend de l'Elbe à la Seine, de Hambourg au Havre et Rouen, et dessert toute l'Europe du Nord-Ouest, combinant bassins industriels et bassins de consommation importants.

La densité du trafic maritime est très importante, près de 20% du trafic mondial. À une circulation de marchandises longitudinale très dense s'ajoutent de très nombreux mouvements transversaux entre les côtes britanniques et françaises, notamment le transport de passagers et les métiers de la pêche. D'après le bilan des CROSS de JOBOURG et de GRIZ-NEZ en 2007, près de 71 900 navires (soit environ 200 navires/jour) ont été détectés et identifiés dans les voies montantes et descendantes du DST des Casquets (situé à environ 45 km du Raz Blanchard). De même, 365 millions de tonnes de marchandises dangereuses ont été en transit en 2007.

4.4.1.1.2. TYPE DE NAVIRES

Les navires susceptibles d'emprunter le rail de navigation (rail commercial) sont nombreux. Les navires de plus forts tirants d'eau actuellement en service sont les suivants :

- Capesize : tirant d'eau pouvant atteindre 19 m ;
- Porte-conteneur : tirant d'eau pouvant atteindre 12 m (exemple : capacité de Cherbourg) à près de 20 m ;
- Transatlantique (type : Queen Mary 2) ou ferry (type Ferry Bretagne) dont le tirant d'eau est d'environ 10 m.

4.4.1.2. TRAFIC EN BASSE-NORMANDIE

4.4.1.2.1. TRAFIC EN BAIE DE SEINE

La Baie de Seine se trouve à l'écart des flux de trafic de la Manche (rail de la Manche). Le trafic et les principales routes empruntées sont directement liés à l'activité des ports du Havre et de Ouistreham :

Cf. **Fig. 15** et **Fig. 16**

A. Trafic de fret

a) Port du Havre

Sur un rayon de 22 miles autour du Havre, se trouve la zone d'identification du trafic baie de Seine, destinée à faciliter la reconnaissance des navires à destination et en provenance des ports de le Havre-Antifer, le Havre, Rouen et Caen. Les routes d'accès au port du Havre sont orientées Nord-Ouest / Sud-Est.

Le port du Havre est le 2^{ème} port français et 5^{ème} port nord européen avec plus de 80 Mt traitées. Plus précisément, il est le premier port français pour le commerce extérieur et le trafic de conteneurs (63% des conteneurs manutentionnés dans les grands ports maritimes français). En 2010, le trafic du port du Havre a diminué de 4.5% en tonnage total (avec 71 Mt). Les marchandises débarquées au port sont essentiellement du pétrole (42.3Mt en 2010). Le trafic marchandises représente près de 11 700 entrées/sorties.

b) Trafic lié au port de Ouistreham

Au large, il n'existe pas de route spécifique d'accès au port de Ouistreham. Seul le chenal d'accès aux abords immédiats du port est défini. La route privilégiée pour le trafic de ferries correspond à la paléovallée et est orientée Nord-Ouest : Sud-Est.

B. Trafic de passagers

En 2011, le trafic passagers du Havre représente un flux de 530 000 passagers et celui de Caen-Ouistreham environ un million.

4.4.1.2.2. TRAFIC SUR LA FAÇADE NORD ET OUEST DU COTENTIN

Le trafic commercial est essentiellement lié aux ports de Cherbourg, Granville et Saint Malo. A ce trafic s'ajoute les liaisons entre l'Angleterre/France et les îles.

A. Trafic de fret

Le trafic de fret dans le Golfe Normand-breton est essentiellement porté par les ports de Saint-Malo, Granville et Cherbourg. En 2009, le trafic de fret était de :

- 2 074 000 t pour le port de Cherbourg ;
- 1 630 000 t pour le port de Saint Malo ;
- 129 000 t pour le port de Granville.

La diversité des marchandises et des destinations d'importation/exportation rend difficilement identifiable les liaisons maritimes et le nombre de navires de fret susceptibles de se trouver au large de la côte Ouest du Cotentin. Les navires susceptibles d'emprunter le Raz Blanchard sont potentiellement les suivants :

- les cargos pour le port de Saint Malo : entre 2008 et 2010, le nombre moyen d'escales par jour est de 1,7. Le tirant d'eau des cargos ne peut excéder 9 m en raison des tirants d'eau des bassins portuaires ;
- les petits caboteurs nationaux et internationaux pour le port de Granville (environ 88 escales en 2002). Le tirant d'eau maximal admissible dans le bassin portuaire est de 6m ;
- les navires conteneurs assurant les liaisons Cherbourg avec les îles anglo-normandes, en particulier le Huelin Endeavour (tirant d'eau 4,6 m) qui assure des rotations hebdomadaires. Le port de Cherbourg peut accueillir de plus gros navires tels que des Capsizes (tirant d'eau pouvant atteindre 19 m – déchargement offshore ; tirant d'eau max à quai : 12 m). Cependant, leur présence dans le Raz Blanchard relèverait plus de l'accident.

B. Trafic passagers

Le tableau ci-dessous récapitule les principales liaisons maritimes de passagers :

Tableau 14 : Principales liaisons maritimes sur la façade Nord et Ouest du Cotentin

Liaisons
Alderney - Diélette
Alderney - Barneville
Guernesey - Portsmouth
Guernesey - Poole
Saint-Malo - Portsmouth
Saint Malo - Poole
Jersey – Poole
Jersey - Barneville
Jersey - Guernesey
Jersey - Serq
Saint Malo - Chausey
Saint Malo - Chausey
Saint Malo –Poole/Portsmouth

Il s'agit essentiellement de navires de liaison rapides ayant un faible tirant d'eau inférieur à 5/6m.

4.4.1.3. BILAN DU TRAFIC MARITIME

Les plus gros navires susceptibles d'emprunter la Baie de Seine sont les suivants :

- Capesize : tirant d'eau pouvant atteindre 19 m ;
- Porte-conteneur : tirant d'eau pouvant atteindre 12 m à près de 20m ;
- Transatlantique (type : Queen Mary 2) ou ferry (type Ferry Bretagne) dont le tirant d'eau est d'environ 10m.

Plusieurs navires sont susceptibles d'être au large de la façade Ouest du Cotentin :

- Trafic de fret : il s'agit essentiellement de portes conteneurs, de petits caboteurs et des cargos ;
- Trafic de passagers : il s'agit essentiellement de navires de liaisons inter-iles ou de ferry.

4.4.2. PECHE PROFESSIONNELLE

4.4.2.1. PRINCIPALES ESPECES EXPLOITEES

Les principales espèces exploitées sur la zone d'étude « Périmètre éloigné » sont les suivantes :

4.4.2.1.1. MOLLUSQUES

- La coquille Saint-Jacques : il s'agit d'un mollusque filtreur qui vit principalement sur des fonds meubles entre 10 et 50 mètres de profondeur. Il est capturé à la drague et constitue l'apport principal des criées de Port-en-Bessin et Grandcamp : elle constitue l'espèce emblématique et à forte valeur ajoutée de la Baie de Seine. En Basse Normandie, 3026t ont été débarquées en criées, ce qui représente 17% de part de marché (en valeur), en 2009 ;
- Le buccin ou bulot : il s'agit d'un mollusque gastéropode ayant une préférence pour les substrats sablo-vaseux. Il est présent dans toute la Manche mais en abondance dans le golfe normand-breton. Il fait l'objet d'une pêche sélective toute l'année au casier principalement sur la côte Ouest Cotentin par une flottille spécialisée de bulotiers. Le bulot est le principal apport de la criée de Granville. En Basse Normandie, 2920t ont été débarquées en criées, ce qui représente 12% de part de marché (en valeur), en 2009 ;
- La seiche : il s'agit d'un céphalopode benthique qui vit enfoui dans le sable. Prédateur nocturne, il se nourrit de crustacés et poissons. La seiche se reproduit au printemps et en été après une migration vers les zones côtières. Elle est essentiellement pêchée au chalut de fond. Au printemps, elle peut être capturée à la côte au casier (en mettant comme appât une seiche femelle). La seiche est une spécialité des ports bas-normands. Sa courte longévité rend les apports très fluctuants d'une année sur l'autre. Ceux-ci sont déterminés par l'abondance du recrutement des juvéniles. En Basse Normandie, 890t ont été débarquées en criées, ce qui représente 4% de part de marché (en valeur), en 2009 ;
- Le calmar ou encornet : il s'agit d'animaux grégaires qui vivent sur le fond ou en pleine eau et qui se nourrissent de crustacés et poissons. Le calmar est essentiellement pêché au chalut de fond comme espèce accessoire des chalutiers. Il est débarqué dans les principaux ports abritant les navires hauturiers (Cherbourg, Port-en-Bessin). En Basse Normandie, 640 t ont été débarquées en criées, ce qui représente 6% de part de marché (en valeur), en 2009.

4.4.2.1.2. POISSONS

- Le bar : poisson au comportement démersal et pélagique, il est fréquent surtout sur les côtes rocheuses battues ou sableuses à vagues déferlantes. Le bar est ciblé par un grand nombre de métier. Il fait l'objet d'une pêche saisonnière au chalut pélagique dans la Manche sur les zones de frayères en hiver. C'est un poisson très prisé et à forte valeur commerciale. En Basse Normandie, 540t ont été débarquées en criées, ce qui représente 9% de part de marché (en valeur), en 2009 ;
- La dorade grise ou griset : espèce benthopélagique vivant en banc en pleine eau ou près du fond. Il s'agit d'une espèce accessoire pêchée par les chalutiers et d'une espèce cible pour d'autres métiers saisonniers. Il n'existerait qu'un seul stock en Manche, les nourriceries étant localisées dans les zones peu profondes notamment au voisinage du Cotentin. En Basse Normandie, 1357t ont été débarquées en criées, ce qui représente 5% de part de marché (en valeur), en 2009 ;
- La sole : poisson benthique vivant sur les fonds de sables fins ou vaseux entre 0 et 150 mètres de profondeur. La sole se nourrit la nuit et reste enfouie le jour. Etant donnée sa forte valeur commerciale, il s'agit d'une espèce cible pour de nombreux métiers (filet, chalut à perche). Les principales frayères se situent dans les baies (Somme, Seine) et les nourriceries sont côtières (baies et estuaires). En Basse Normandie, 316t ont été débarquées en criées, ce qui représente 7% de part de marché (en valeur), en 2009 ;

4.4.2.2. METIERS PRATIQUES

4.4.2.2.1. TYPE DE PECHE – EFFECTIFS

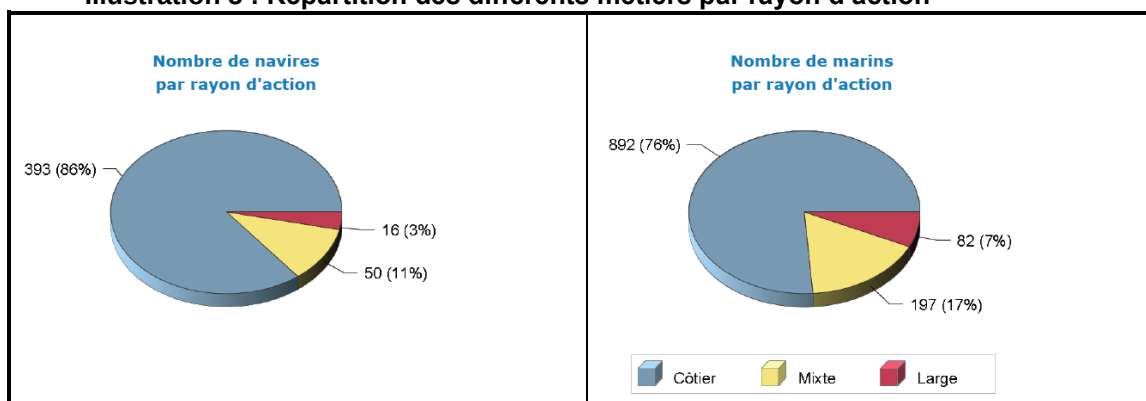
D'une manière générale, on peut distinguer trois types de pêche, suivant le rayon d'action des bateaux :

- pêche « côtière » : elle correspond aux navires qui exercent plus de 75 % de leur activité dans les 12 miles ;
- pêche « mixte » : elle correspond aux navires qui exercent entre 25 % et 75 % de leur activité dans la zone des 12 miles ;
- pêche « large » : elle correspond aux navires qui exercent plus de 75% de leur activité à l'extérieur de la bande côtière des 12 miles.

La pêche en Basse Normandie est majoritairement côtière. Elle représente environ 393 navires et 892 marins.

L'illustration ci-après précise la répartition des différents métiers (pour les navires et les marins) par rayon d'action, à l'échelle de la région Basse-Normandie.

Illustration 5 : Répartition des différents métiers par rayon d'action



Source : IFREMER SIH

Les principaux ports de pêche sont listés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 15 : Caractéristiques des ports de pêche de la Basse-Normandie

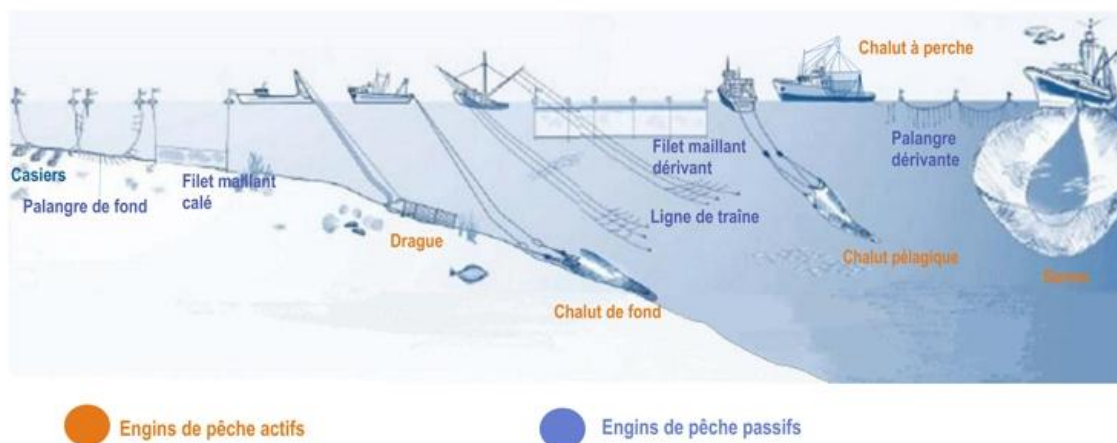
Port	Nombre total de bateaux	Principales espèces débarquées (par ordre de tonnage)
Saint Malo (Bretagne)	58	Coquille, seiche, encornet, homard, praire
Granville	61	Bulot, coquille, dorade grise, praire, Olivette
Barneville-Carteret	nc	Poissons, araignées, tourteaux, homard
Cherbourg	65	Seiches, encornets, bars, rouget-barbets, raies
Barfleur, Saint Vaast-la-hougue	67	Moules, coquilles, soles, bars
Grandcamp	42	Coquilles, bars, seiches, soles
Port-en-Bessin	35	Coquilles, encornet, seiche, sole, cabillaud
Courseulles	21	
Ouistreham	34	Coquilles, le maquereau, la sardine, la sole
Trouville	36	Maquereaux, coquilles, soles
Honfleur	14	Coquilles, Maquereaux, soles, crevettes grises
Le Havre	24	Coquilles, Maquereaux, soles, étrilles, crevettes grises

Source : Le marin, 2010

4.4.2.2. DESCRIPTION DES DIFFERENTS METIERS

On peut distinguer plusieurs types de pratiques répondant à l'utilisation de techniques différentes.

Illustration 6 : localisation générale des différentes pratiques de pêches

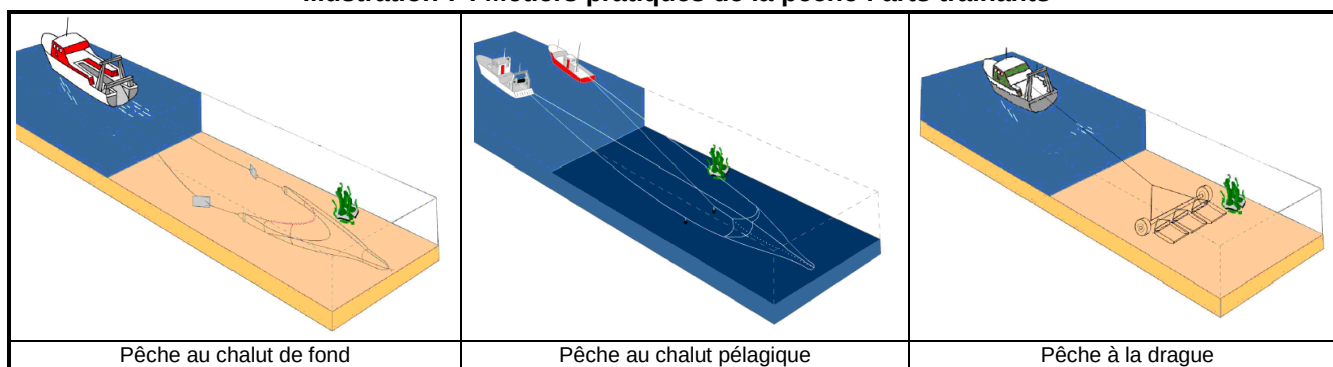


(Source : IFREMER)

Arts traînants

- Le chalut de fond : il correspond à une poche en filet en forme d'entonnoir traîné près du fond par le navire. Il dispose en haut d'une corde munie de flotteurs, et en bas d'un « bourrelet » lesté. Il est utilisé pour pêcher les espèces benthiques. Les métiers présents sont le chalut de fond à poissons, le chalut fond à mollusques et le chalut de fond à crevettes.
- Le chalut pélagique : il est adapté à la pêche en pleine eau. Le chalut pélagique peut être traîné par un seul bateau. Cette technique de pêche permet de capturer les poissons pélagiques. Les métiers présents sont le chalut pélagique à poissons pour lequel les espèces ciblées sont le bar, le maquereau, la sardine, et le chalut pélagique à mollusques.
- La drague : il s'agit d'un engin de pêche traîné sur le fond. Il est utilisé pour la pêche des coquillages se trouvant sur les gisements naturels marins. Cet engin permet de déterrer les coquillages enfouis dans le sédiment. Les métiers à la drague les plus répandus sont la drague à coquilles Saint-Jacques et la drague à mollusques.

Illustration 7 : Métiers pratiqués de la pêche : arts traînants



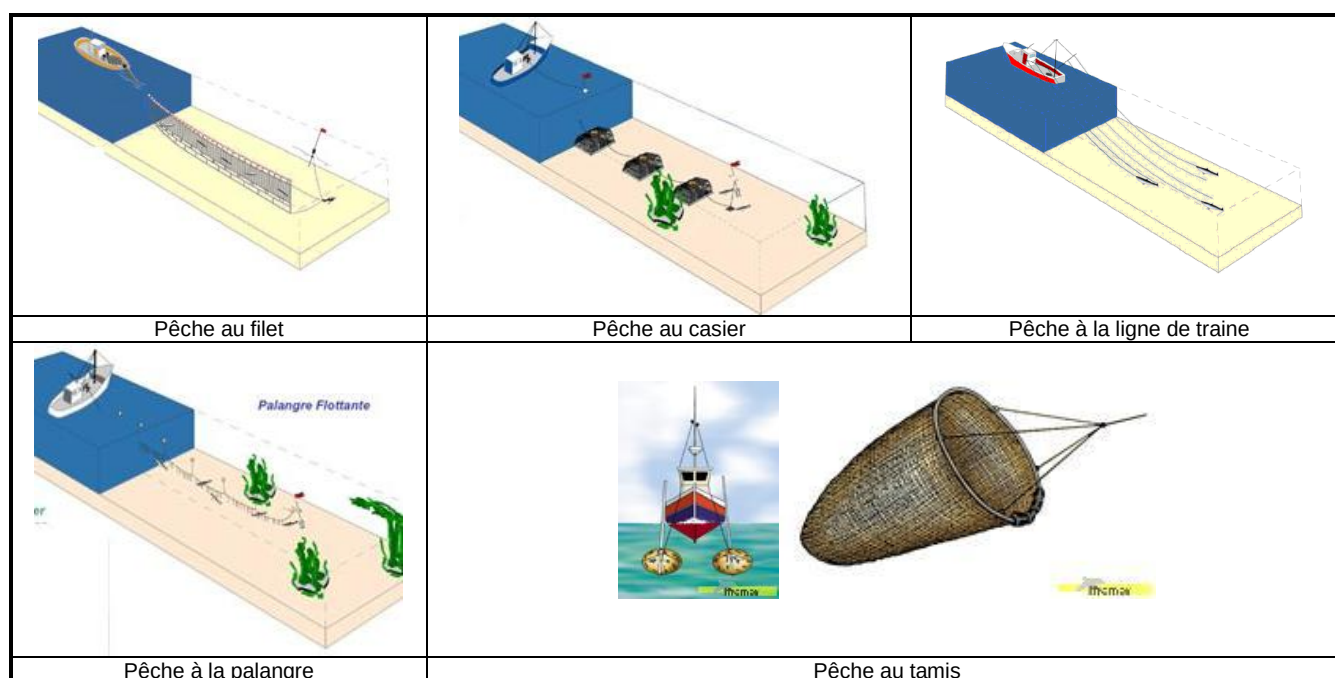
Source : Normandie Fraicheur Mer)

Arts dormants

- Le filet : plusieurs types de filets sont utilisés.
 - Le filet classique est constitué de nappes rectangulaires très longues tendues vers le haut par une corde munie de flotteurs et vers le bas par une corde lestée. Il est utilisé pour pêcher les espèces benthiques ou démersales qui viennent s'y prendre en se coinçant dans les mailles par les ouïes.
 - Le filet trémail est constitué de 3 nappes accolées, les extérieures ayant des mailles très larges laissant passer le poisson recherché, la nappe interne retenant et enveloppant le poisson. Il est utilisé pour pêcher pratiquement tous les poissons de fond. Les espèces ciblées sont le barbeau, la plie, la sole, le turbot, la vieille, etc...
 - Le filet maillant ne comporte qu'une seule nappe. La grandeur de la maille est telle que le poisson ne peut qu'y engager la tête et non le reste du corps. Les espèces ciblées sont le maquereau, le merlu, le rouget, le lieu jaune, la lingue (julienne), etc.
- La pêche au casier : ce sont des pièges rigides placés sur le fond, dans lesquels les crustacés sont attirés par un appât. Les espèces ciblées sont l'araignée, le bouquet (crevette rose), le bulot, les étrilles, le homard, la seiche, le tourteau.

- La pêche à la palangre
 - La palangre ou corde : il s'agit d'une ligne (ligne principale ou maîtresse) sur laquelle pend sur toute sa longueur des hameçons garnis d'appâts (morceaux de maquereaux, sardine, chinchards, seiches, encornets, etc.).
 - La palangre flottante : la ligne principale est munie de flotteurs. Elle flotte entre deux eaux.
 - La palangre de fond : la ligne principale est lestée. Elle repose sur le fond. Les espèces ciblées sont : le bar, le congre, le lieu jaune, la lingue (julienne), le requin, la raie.
- La pêche à la ligne à la main – Ligne de traîne : la ligne de traîne est en général lestée et équipée de un à plusieurs hameçons selon l'espèce ciblée. Elle est mise en œuvre en dérive ou « à la traîne » dans des zones brassées et à forts courants ou sur des fonds rocheux. Les hameçons sont garnis d'un leurre artificiel (plume, cuillère, poisson artificiel). Les espèces ciblées sont le bar, le lieu jaune et le maquereau.
- Le tamis essentiellement utilisé pour la pêche à la civelle en estuaire. Ils sont montés sur des cadres métalliques ou en bois de différentes formes et peuvent être soit manipulés depuis la berge ou sur une embarcation amarrée, soit tractés par un navire (chalut, par exemple).

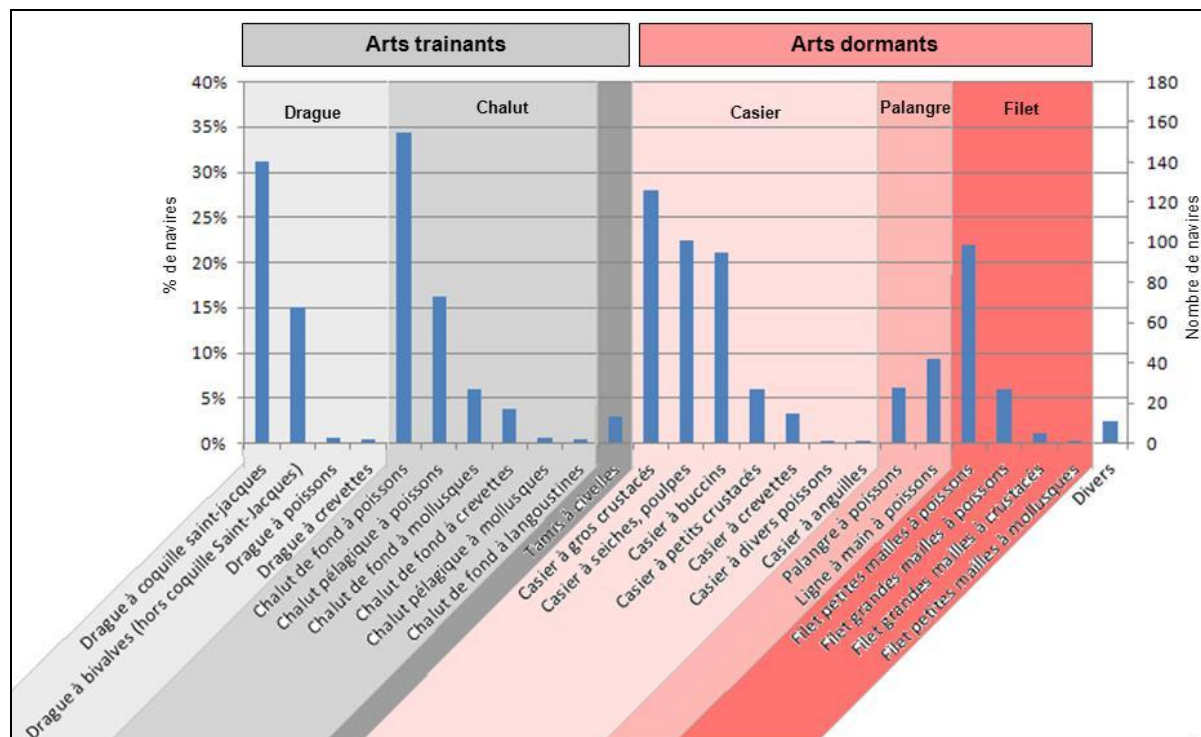
Illustration 8 : Métiers pratiqués de la pêche : arts dormants



Source : Normandie Fraicheur Mer

L'illustration ci-dessous précise le nombre et pourcentage de navires pratiquant les différents métiers, à l'échelle de la Basse-Normandie.

Illustration 9 : Nombre et pourcentage de navires pratiquant les différents métiers, à l'échelle de la Basse-Normandie



D'après données IFREMER – SIH

Les figures **Fig. 18** à **Fig. 20** indiquent la réglementation maritime associée aux métiers du chalut, filet et drague.

4.4.2.3. BILAN SUR LA PECHE PROFESSIONNELLE

Le tableau ci-dessous récapitule les principaux métiers pratiqués et espèces exploitées sur la façade de la Basse-Normandie (cf. **Fig. 21** à **Fig. 23**).

Tableau 16 : Principaux métiers pratiqués et espèces exploitées sur la façade de la Basse-Normandie (source : IFREMER)

Localisation	Principaux métiers pratiqués	Principales espèces exploitées
Baie de Seine	Drague et chalut	Coquilles, Sardine
Nord Cotentin	Pêche diversifiée : drague, chalut, filet casier...	Moule et coquilles
Ouest Cotentin	Casier essentiellement avec drague et chalut	Buccin, Amande de mer, araignée

Source : IFREMER

Les zones potentielles d'implantation des hydroliennes correspondent à des secteurs de forts courants, ce qui n'est pas favorable à une activité de pêche : difficulté de pose des engins de pêche...

4.4.3. ACTIVITES DE LOISIRS

4.4.3.1. PLAISANCE

Le tableau ci-dessous présente les caractéristiques des ports situés entre Granville et Honfleur.
Tableau 17 : Caractéristiques des ports de plaisance à proximité de la zone d'étude

Localisation		Port	Capacité totale (anneaux)	Accessibilité	Visiteurs
Façade Ouest du Cotentin	Littoral de la Manche	Granville	1200	Port à flots (1000 a.) + zone d'échouage (200 a.)	150
		Régnéville	120	Echouage	
		Agon Coutainville	80	Echouage	
		Portbail	230	Port à échouage	
		Barneville Carteret	450	Port à flots (330 a.) (5h/marée) + zone d'échouage (120 a.)	60
		Diélette (Flamanville-Tréauville)	460	Par porte abattante (5-7 h/marée)	60
		Herqueville	20	Echouage	
		Port de Goury (Auderville)	40	Port d'échouage	
	Chausey	Chausey	145	Echouage	
	Jersey	Saint Hélier	300	Port à flots (6h/marée)	150
		Divers mouillages (Gorey, St Catherine, Rozel...)	700		
	Guernesey	Beaucette Marina	170	Port à flots	50
		Queen Elizabeth II Marina		Port à flots	
		Victoria marina	265	Port à flots	150
	Aurigny	Albert Marina			
		Alderney Harbour		Zone de mouillage	
Façade Nord du Cotentin		Port Racine (Saint Germain des Vaux)	25	Port d'échouage	
		Digulleville	40	Echouage	
		Port du Hable – (Omonville)	55	Port d'échouage	5
		Querqueville	60	Port d'échouage	
		Port de Chantereyne (Cherbourg)	1600	24h/24	300
		Le Becquet	90	Port d'échouage	
		Lévi	80	Port d'échouage	
		Pignot	20	Port d'échouage	
		Cosqueville	90	Echouage	
		Roubari	31	Port d'échouage	
		Gatteville	30	Echouage	
		Barfleur	130	Port d'échouage	
		Réville	85	Echouage	
Baie de Seine	Manche	Saint Vaast la hougue	700	Port à flots	90
		La Sinope	130	Port d'échouage	
		Carentan	310	Port à flots	50
		Isigny	60	Port d'échouage	
	Calvados	Grandcamp	250	Port à flots (5h/marée)	15
		Port-en-Bessin	70	Port d'échouage	
		Courseulles	750	Port à flots (4-6h/marée)	25
		Ouistreham	650	Port à flots (Ecluse)	70
		Caen	100	Port à flots	20
		Merville-Franceville	180	Echouage	
		Port Guillaume, Dives	600	Port à flots (4-6h/marée)	25
		Estuaire de la Dives	300	Echouage	
		Port Deauville	700	Port à flots	45
		Deauville Port Public	360	Port à flots	60
		Honfleur	60	Port à flots (Ecluse)	30

Il n'existe pas de données permettant de définir précisément l'importance de la navigation de plaisance sur la façade Ouest et Nord du Cotentin ainsi que celle de la Baie de Seine.

Néanmoins, la présence des îles anglo-normandes favorise le trafic de plaisance dans le golfe anglo-normand (liaison entre le continent et les îles, liaison inter-îles...). La densité de ports et de zones d'échouage est la plus importante sur la façade Nord du Cotentin et celle du département d'Ille-et-Vilaine (Sud du golfe normand-breton) (cf. **Fig. 24**).

De plus, malgré les difficultés de navigations (fort courant), le Raz Blanchard constitue un site de passage important entre le bassin de navigation du Golfe-Normand-Breton et ceux de la pointe du Cotentin et du Solent. De même, la Pointe de Barfleur est un passage entre le Cotentin et la Baie de Seine.

4.4.3.2. TOURISME

Un des principaux attraits touristiques de la Basse-Normandie est son espace littoral :

- Le littoral représente 43% de l'environnement des séjours et 55% de celui des nuitées ;
- Près de 14% des séjours concernent des activités de bord de mer (voile, plage), soit la 3^{ème} activité derrière la promenade (37%) et les visites culturelles de ville (18%).

La densité touristique (nbre de lits/ha) et le pourcentage de résidence secondaire sont les plus importants sur le littoral bas-normand (cf. **Fig. 25**).

En raison de l'absence d'empreinte visuelle forte des projets d'hydroliennes, le tourisme ne constitue pas un critère sensible.

4.4.4. CONTRAINTES / SERVITUDES MARITIMES

Cf. **Fig. 25**

contrainte

Ce chapitre a été réalisé à partir des instructions nautiques et des cartes SHOM.

4.4.4.1. TRAFIC MARITIME

4.4.4.1.1. ZONES DE NAVIGATION

La navigation en Manche, caractérisée par une circulation très dense, est réglementée par trois types de dispositions :

- Celles d'organisations internationales, comme l'Organisation Maritime Internationale (OMI) ;
- Celles franco-britanniques (système MAREP soutenu par l'OMI) ;
- Celles des règlements nationaux.

Les dispositions bilatérales franco-britanniques assurent le trafic Cherbourg-Portland. La réglementation française s'occupe des approches des côtes françaises et de la circulation dans les eaux et rades de la région maritime de la Manche et de la Mer du Nord.

4.4.4.1.2. ZONES DE TRANSBORDEMENT

Il existe une zone de transbordement (Val de Saire) des produits pétroliers ou chimiques dans la Manche. C'est le Préfet Maritime qui autorise ou ordonne ces opérations. **Cette zone se situe à environ 18km à l'Est de Barfleur.**

4.4.4.1.3. ZONE D'ATTENTE

- Zones d'attente au large de Cherbourg (arrêté 10/2000 du 30 mai 2000 du préfet maritime de la Manche et de la Mer du Nord) :
 - Zone d'attente Nord : elle est destinée à accueillir les navires embarquant un pilote hauturier avant de poursuivre leur navigation en Manche
 - Zone d'attente Sud : elle est destinée à accueillir tous les navires à destination de Cherbourg, dont l'entrée au port n'est pas immédiate.
- Zones d'attente à l'Ouest et Est de la façade Nord Cotentin

4.4.4.1.4. ZONE D'IDENTIFICATION DU TRAFIC EN BAIE DE SEINE

Cette zone d'identification est délimitée par un arc de cercle de 22 milles marin de rayon, centré sur le phare de la Hève et limité au Sud par la côte du département du Calvados et au Nord par son intersection avec le méridien du phare d'Antifer. Tous les navires et convois d'une longueur supérieure à 50 mètres à destination ou en provenance d'un port, d'une zone d'attente ou d'un mouillage situés dans la zone d'identification doit se signaler à la station d'identification Baie de Seine Trafic. L'entrée et la sortie des navires des ports restent cependant subordonnées à l'autorisation du port concerné, conformément aux dispositions du Code des Ports Maritimes.

4.4.4.1.5. VOIES D'ACCES PORTUAIRES

Le stationnement est interdit dans le chenal d'accès aux ports (Port-en-Bessin-Huppain, Cherbourg, Ouistreham...).

4.4.4.2. RESEAUX DE CABLES ET DE CONDUITES

4.4.4.2.1. CABLES SOUS-MARINS

En Manche, de nombreux câbles sous-marins sillonnent les fonds. La protection des câbles sous-marins est assurée par :

- La convention internationale du 14 mars 1884, modifiée par les conventions sur le droit de la mer, pour les eaux non territoriales ;
- La loi française du 20 décembre 1884, pour les eaux territoriales et non territoriales, qui s'applique aux navires français seulement dans ces dernières et à tous les navires dans les eaux territoriales ;
- Des arrêtés spécifiques du Préfet Maritime qui précisent les conditions de protection des câbles ;
- Certaines précautions prises par les navigateurs contraints de mouiller ou de pêcher à proximité des câbles, en application des lois et des conventions rappelées ci-dessus.

La **Fig. 26** localise les câbles identifiés au large du littoral bas-normand :

- Câble entre la Pointe du Grouin et l'Île Jersey ;
- Câble entre Pointe du Grouin et les Îles Chausey ;
- Câble entre Saint Remi-des-Landes (au Sud de Portbail) et l'Île Jersey : interdiction de mouiller, draguer et chaluter dans une bande de 1km de part et d'autre du câble ;
- Câbles entre l'Anse de Lessay et l'Île Jersey (probablement hors service, à vérifier auprès des services de l'Etat) ;
- Câbles sous-marins reliant les Îles Jersey à Guernesey
- Câbles nombreux partant de la Pointe de Nacqueville (à l'Ouest de Cherbourg), en direction de l'Ouest, de l'Angleterre et de la Baie de Seine (probablement hors service, à vérifier auprès des services de l'Etat) ;
- Câble reliant Ravenoville aux Îles Saint Marcouf ;
- Câble France Telecom partant de Courseulles-sur-Mer en direction du Nord-Ouest (Hors service).

4.4.4.2.2. CONDUITES SOUS-MARINES

Les conduites sous-marines font également l'objet de protections au titre de la convention internationale du 14 mars 1884.

La **Fig. 26** localise les conduites sous-marines identifiées au large du littoral bas-normand :

- Conduite de l'usine de retraitement de la Hague. Une zone autour de la conduite a été interdite au mouillage, au dragage et au chalutage ;
- Conduite (émissaire) de 1.2M s'étend vers le Nord-Nord-ouest de la plage de Juno Beach, à 0.8 M à l'Est de Courseulles-sur-Mer.

4.4.4.3. ZONES DE PROTECTION MILITAIRES

D'un point de vue militaire, plusieurs zones du littoral sont réservées à des exercices. Ces zones sont relevées sur les cartes jointes au dossier :

- Secteur de tir sol-sol de Biville : il s'agit d'un champ de tir d'artillerie sol-sol qui est ouvert toute l'année sur les dunes de Biville (sauf du 15 juin au 15 septembre). La zone dangereuse est définie dans le prolongement en mer du champ de tir. L'activation de cette zone est annoncé 48h avant le commencement de la campagne de tir ;
- Zone réglementée de Flamanville (arrêté 36/99 du 16 novembre 1999 du préfet maritime de la Manche et de la Mer du Nord) : les abords de la centrale nucléaire de Flamanville, située à moins de 1 M au Nord du Cap du même nom, sont protégés par une zone interdite au mouillage, au dragage et au chalutage ; une bouée de marque spéciale est mouillée sur la limite Ouest de la zone. La navigation, la plongée sous-marine, la pêche, le mouillage et la baignade sont interdits dans une zone circulaire incluse dans la précédente, ainsi qu'à l'intérieur du bassin de la centrale.
- Zones réglementées des Huquets de Jobourg (arrêté 4/83 du 11 février 1983 et 10/98 du 25 février 1998 du préfet maritime de la Manche et de la Mer du Nord) : en vue de protéger une canalisation sous-marine, il est interdit de mouiller, draguer et chaluter dans une zone rectangulaire qui englobe le plateau rocheux Les Huquets de Jobourg. De plus la plongée sous-marine est interdite aux abords de la canalisation.
- Zone réglementée du Cap Lévi : le mouillage, le dragage et le chalutage sont interdits dans une zone située à 2 M à l'Ouest-Nord-Ouest du Cap Lévi : elle est utilisée pour l'entraînement des chasseurs de mines (arrêté 307 du 15 juillet 1980 du préfet maritime de la première région) ;
- Zone de tirs de Querqueville-Castel Vendon : ce secteur concernent les tirs sol-mer et sol-air et s'étend jusqu'à 11M au large, entre les méridiens de Cherbourg et du Cap de la Hague ;
- Zones de tirs : Baie de Seine : zone de tir (zone D82) pour les bâtiments de la Marine Nationale qui se situe à 25 km environ de la côte ;
- Zones de dépôt temporaire d'explosifs situées à :
 - 1,2 M environ au Sud-Sud-Ouest de l'entrée de Granville ;
 - 1.1 M au Nord de la digue centrale de Cherbourg ;
 - 2 M au Nord de Grandcamp-Maisy ;
 - 1,7 M au Nord-Nord-Ouest de l'entrée du Port en Bessin ;
 - 2 M au Nord-Nord-Est de l'entrée du port de Courseulles-sur-Mer ;
 - 3.5 M de la côte entre Hougate et Ouistreham ;
- Zones d'explosifs : zone rectangulaire d'immersion d'explosifs centrée à 8 M au Sud du phare des Hanois (Guernesey).

5. SYNTHESE DU POTENTIEL

5.1. SYNTHESE A L'ECHELLE DE LA BASSE-NORMANDIE

5.1.1. CONTRAINTES PRIS EN COMPTE A L'ECHELLE DE LA BASSE-NORMANDIE

L'identification des sites favorables repose sur une analyse multicritère et un croisement des différentes contraintes suivantes :

- Contraintes techniques
 - Gisement énergétique : la gamme « optimale » de courants peut varier suivant le type de technologies ;
 - Profondeur d'eau :
 - Profondeur maximale : le CETMEF n'a pas défini de hauteur d'eau maximal. Néanmoins, il convient de préciser que la profondeur maximale est imposée par les limites techniques de réalisation des travaux (conception et maintenance). Actuellement, cette limite de moyens techniques (pose, maintenance) se situerait autour de -50 m à -60 m CM ; les progrès technologiques potentiels de mise en place/maintenance des hydroliennes pourraient permettre d'aller dans des profondeurs plus importantes ;
 - Profondeur minimale : le CETMEF recommande une hauteur d'eau minimale de 25m ;
 - Distance à la côte et au réseau : cette contrainte intervient dans le coût du projet : un éloignement trop important des côtes et des postes de raccordement à terre augmente de manière assez importante les coûts d'investissement, en particulier pour les câbles sous-marins. Le CETMEF avait défini une distance de l'ordre de 80 km ;
 - Taille du site : il est nécessaire afin d'assurer la rentabilité du site de mettre en place des parcs de grande ampleur de manière à rentabiliser les coûts de structure de raccordement ;
 - Poste de raccordement : un des paramètres intervenant dans la détermination de la zone d'atterrissage est la présence et proximité de postes électriques pour le raccordement (cf. **Fig. 27**). Rappelons que d'autres paramètres interviennent également dans le choix de la zone d'atterrissage : localisation de la zone d'implantation des hydroliennes ; topographie du littoral ; nature de l'estran (roches, sables) ; présence de réseaux routiers à proximité, de servitudes ou protections réglementaires...
- Contraintes environnementales et réglementaires :
 - En mer, les servitudes diverses (zones militaires, dépôt d'explosifs, zone de transbordement...) constituent des zones d'interdiction d'implantation d'hydroliennes ;
 - Pour la zone d'atterrissage : en raison des contraintes réglementaires, le passage au niveau de l'estran doit s'effectuer par forage dirigé ;
- Usages de la mer : la pêche et le trafic maritime constituent les contraintes majeures :
 - Les zones de pêche sont assez mal identifiées et susceptibles de s'étendre sur l'ensemble de la zone d'étude. Une concertation est à mettre en place dans le cadre du projet avec les organismes socio-professionnels de pêche. Néanmoins, il convient de préciser que les zones de très forts courants ne sont pas propices à la pêche ;

- Le trafic maritime peut constituer une contrainte majeure dans le cas où il est imposé une hauteur d'eau importante au-dessus de l'hydrolienne (pour le passage des navires). Plusieurs hypothèses de tirants d'eau ont été envisagées : 5 m, 10 m, 15 m et 20 m correspondant à différents types de bateaux;

Tableau 18 : Hypothèse de tirant d'eau des navires

Hypothèse	
Type de navires	Tirant d'eau
Pêche	5m
Ferry	10 m
Porte conteneur	15 m
Capesize	20 m

Pour déterminer les zones potentielles d'implantation des hydroliennes, le critère « gisement – potentiel énergétique » est défini à partir de la vitesse moyenne : le seuil minimal pris en compte est de 1.5m/s, conformément aux recommandations du CETMEF.

5.1.2. DESCRIPTION A L'ECHELLE DE LA FAÇADE MARITIME BAS-NORMANDE

Sur la base des informations recensées, une carte de synthèse des contraintes a été réalisée. Elles sont présentées sur **Fig. 28** et **Fig. 29**.

Elles mettent en évidence :

- Des zones de forts potentiels énergétiques localisées au niveau du Raz Blanchard, du Raz de Barfleur, Passage de la Déroute (entre Jersey et Portbail) et localement à l'embouchure de l'estuaire de la Seine (cf. paragraphe ci-dessous) ;
- Des fonds bas-normands de faibles profondeurs, inférieures à 40-50m ;
- de nombreux périmètres de protection du patrimoine naturel sur la majeure partie du domaine côtier bas-normand ;
- des usages du domaine maritime très importants :
 - forte activité de pêche, en particulier la drague en Baie de Seine ; cependant, les zones de très forts courants sont plus difficilement exploitables, donc certainement moins exploités ;
 - contraintes liées aux activités militaires (sur la façade Nord du Cotentin et au large de la Baie de Seine) ;
 - contraintes liées à la navigation commerciale : fort trafic sur la façade Ouest du Cotentin ;
 - forte fréquentation du plan d'eau par les usages plaisanciers et la pêche promenade sur la façade Ouest du Cotentin.

La plupart de ces contraintes ne sont pas des « interdictions absolues » (sauf les servitudes nautiques liées à la navigation, défense nationale etc ..) mais le nombre important des usages sur la zone et les sensibilités associées sont potentiellement génératrices de conflits d'usages importants et peuvent conduire à éviter certains secteurs.

5.2. FOCUS SUR LES SITES LES SITES POTENTIELS D'IMPLANTATION DES HYDROLIENNES SUR LA FAÇADE MARITIME BAS-NORMANDE

5.2.1. IDENTIFICATION DES GISEMENTS

Quatre secteurs de forts courants peuvent être identifiés : Raz Blanchard, Raz de Barfleur, Passage de la Déroute (entre Portbail et Jersey) et l'estuaire de la Seine.

De notre point de vue, l'estuaire de la Seine ne permet pas l'implantation d'hydroliennes :

- Faibles profondeurs et nature des fonds peu compatibles ;
- Trafic maritime important ;
- Très forte sensibilité environnementale notamment sur le volet halieutique (migrateurs) ;
- Zonages réglementaires contraignants (Réserve Naturelle notamment).

Des zooms ont donc été réalisés seulement sur trois zones : Raz Blanchard, Raz de Barfleur, Passage de la Déroute.

Critères	Passage de la Déroute	Raz Blanchard	Raz de Barfleur
Figures	Fig. 30 à Fig. 33	Fig. 34 à Fig. 37	Fig. 38 à Fig. 41
Potentiel hydrolie	Potentiel modéré La vitesse moyenne est inférieure à 1m/s (critères du CETMEF)	Très fort potentiel	Fort potentiel La vitesse moyenne est inférieure à 1.5m/s (critères du CETMEF)
Milieu physique			
Bathymétrie	Cote des fonds supérieurs à -30m CM (isobathe -30m CM est à l'Ouest de Jersey)	L'isobathe -25m CM est à environ 2.2-2.8 km des côtes ; au Nord du Raz Blanchard, l'isobathe -50m CM est à moins de 3 km des côtes.	L'isobathe -30 m CM se situe à moins de 5km des côtes. La bathymétrie au Nord de la Pointe de Barfleur semble assez accidentée.
Nature des fonds – Sédimentologie	Essentiellement sables grossiers, graviers, cailloutis avec présence d'affleurement rocheux	Essentiellement des cailloutis.	Essentiellement graviers et cailloutis avec présence d'affleurement rocheux sur le littoral
Houles	Zone abritée par l'Ile de Jersey Au large, hauteur significative annuelle maximale : 7m ; période 14-15s.	Au large, hauteur significative annuelle maximale : 7m ; période 14s.	Zone en partie abritée par le Cotentin Au large, hauteur significative annuelle maximale : 5m ; période 11s.
Courant	Vitesse max : 2.5m/s (coefficient de marée de 94)	Vitesse max : 4m/s (coefficient de marée de 94)	Vitesse max : 3m/s (coefficient de marée de 94)
Milieu Naturel			
Faune-flore sous-marine	Peuplements benthiques diversifiés et riches ; essentiellement des peuplements de roches et de sables grossiers		
Ressources halieutiques	Cf. activités de pêche professionnelle		
Mammifères marins	Le grand dauphin, le dauphin commun et le marsouin commun fréquentent les zones d'étude.		
Avifaune	Zone de migrations et présence à proximité du site de zones sensibles. Cependant, l'immersion des machines limite l'impact avec l'avifaune.		
Zones de protection du patrimoine naturel	Présence de Natura 2000 en mer au niveau de Carteret et sur une partie du littoral le plus proche (Banc et récifs de Surtainville) Présence de la zone RAMSAR (les Ecrehous) Présence d'inventaires (ZNIEFF I et II) sur quasi l'ensemble du littoral le plus proche	Présence de Natura 2000 en mer sur une grande partie: Récifs et landes de la Hague, Anse de Vauville. Présence d'inventaires (ZNIEFF I et II) sur quasi l'ensemble du littoral le plus proche	Présence de Natura 2000 en mer sur une grande partie: Récifs et marais arrière littoraux du Cap Levi et à la pointe de Saire Présence d'inventaires (ZNIEFF I et II) sur quasi l'ensemble du littoral du Cap Levi
Paysage			
Paysage	Paysage du Cotentin marqué essentiellement par un estran sableux Présence du site classé de la Baie du Mont St Michel	Paysage diversifié marqué essentiellement par un estran rocheux et des falaises accores Site classé et inscrit : La Pointe de la Hague	Paysage diversifié marqué essentiellement par un estran rocheux
Milieu humain			
Pêche	L'activité principale est le casier et la drague. Les activités sont pratiquées sur l'ensemble de la zone d'étude.	L'activité principale est le casier. Les activités sont pratiquées sur l'ensemble de la zone d'étude.	L'activité principale est le casier, chalut et drague. Les activités sont pratiquées sur l'ensemble de la zone d'étude.
Trafic maritime	Trafic inter-iles, trafic de vrac, porte conteneur dont les tirants peuvent atteindre 15m maximum ; généralement de l'ordre de 5m	Trafic inter-iles, trafic de vrac, porte conteneur dont les tirants peuvent atteindre 15m maximum ; généralement de l'ordre de 5m	Trafic porte conteneur en direction/partance des ports de Ouistreham ou du Havre : le tirant peut atteindre 20m.
Tourisme - plaisance	Tourisme littoral faible ; bassin de navigation modéré	Tourisme littoral faible (peu d'habitations, essentiellement des touristes à la journée près de Cherbourg...) ; bassin de navigation faible	Tourisme littoral faible ; bassin de navigation faible
Servitudes	Présence de câbles entre Jersey et la France	Conduite de l'usine de retraitement de la Hague Servitudes à confirmer auprès des services civils et militaires de l'Etat : tir sol-sol de Biville, zone réglementée de Flamanville, zone réglementée des Huguets de Jobourg	Présence d'une zone de transbordement et d'une zone de dépôts d'explosifs

5.2.2. TESTS DE SENSIBILITE POUR DELIMITER LES ZONES DE GISEMENT

Le tableau ci-dessous récapitule les différents tests de sensibilités pour les zones d'implantation potentielles des hydroliennes :

Tableau 19 : Hypothèses retenues dans le cadre de la délimitation des zones potentielles d'implantation des hydroliennes

Hypothèse						Cote minimale	
Hauteur de machine	Tirant d'eau au-dessus de la machine						
	Agitation	Agitation + navire pêche	Agitation + ferry	Agitation + porte conteneur	Agitation + capesize		
20 m	5 m	-	-	-	-	-25m CM	Hypothèse minimale
	-	5 m	-	-	-	-25 m CM	Hypothèse « pêche »
	-	-	10 m	-	-	-30 m CM	Hypothèse ferry
	-	-	-	15 m	-	-35 m CM	Hypothèse porte conteneur

Ces éléments sont présentés sur les Fig. 42 à Fig. 50. Ils montrent l'importance du tirant d'eau des navires dans la délimitation des surfaces potentielles exploitables.

6.BIBLIOGRAPHIE

- ANEMOC, Site internet : anemoc.cetmef.developpement-durable.gouv.fr
- BRGM, Site internet <http://www.brgm.fr/>
- COMITE DEPARTEMENTAL DE LA MANCHE, Site internet <http://www.manchetourisme.com>.
- DAUVIN J.C., 1997. *Les biocénoses marines et littorales françaises des côtes Atlantique, Manche et Mer du Nord – Synthèse, menaces et perspectives*
- DREAL BASSE NORMANDIE, Site internet <http://www.basse-normandie.developpement-durable.gouv.fr/>
- GEOLITTORAL, site internet : www.geolittoral.equipement.gouv.fr
- GREET Ingénierie, 2000. *Identification de zones d'implantation de parcs éoliens offshore sur le pourtour du département de la Manche.*
- IFEN. Site internet. <http://www.stats.environnement.developpement-durable.gouv.fr/>
- IFREMER, 2003. *Atlas des pêcheries de la Manche.* Ed IFREMER.
- IFREMER, 2007. *Réseau Hydrologique Littoral Normand RHLN Rapport Volume 1 - Cycles hydrobiologiques annuels (2001-2006) et évaluation des niveaux de dystrophie des masses d'eau normandes - présentation du réseau hydrologique pérenne de suivi de la qualité des masses d'eau pour le plan 2008-2013.*
- IFREMER, 2007. *Réseau Hydrologique Littoral Normand RHLN Rapport Volume 2. Fiches de suivi de la qualité trophique des masses d'eau du littoral normand*
- IFREMER, 2010. *Programme INTERREG 3a CHARM -. Atlas des Habitats des Ressources Marines de la Manche Orientale, 2009.*
- IFREMER, Réseau SURVAL
- LACAZE J.C., 1987. *Espèces marines et littorales menacées – Livre rouge des espèces menacées en France – tome 2*
- MESH, site internet : www.searchmesh.net
- MINISTERE DE LA CULTURE, <http://www.culture.gouv.fr/>
- MINISTERE DES TRANSPORTS – DIRECTION DES PORTS ET DE LA NAVIGATION MARITIMES, *Catalogue sédimentologique des côtes françaises – Tome 3 : de la Baie du Mont Saint Michel à la Baie de Seine.*
- MISSION INTERSERVICES MER ET LITTORAL (MIMEL), DREAL BASSE NORMANDIE, 2010. *Atlas Réglementation Maritime*
- OBSERVATOIRE NATIONAL SUR LES EFFETS DU RECHAUFFEMENT CLIMATIQUE – DIRECTION GENERALE DE L'ENERGIE ET DU CLIMAT, fév. 2010. *Prise en compte de l'élévation du niveau de la mer en vue de l'estimation des impacts du changement climatique et des mesures d'adaptation possibles.*
- REBENT, 2007. *Contrôle de surveillance benthique de la Directive Cadre sur l'Eau (2000/60/CE).*
- RTE, Site internet : clients.rte-france.com/lang/fr/clients_producteurs/services_clients/potentiel_raccordement.jsp
- SHOM, 2005, *Instructions nautiques, De la frontière belge à la Pointe de Penmarc'h C2A.*
- SHOM, site internet www.shom.fr
- UNIVERSITE DE CAEN BASSE NORMANDIE – MAISON DE LA RECHERCHE EN SCIENCES HUMAINES, *Atlas transmanche.*

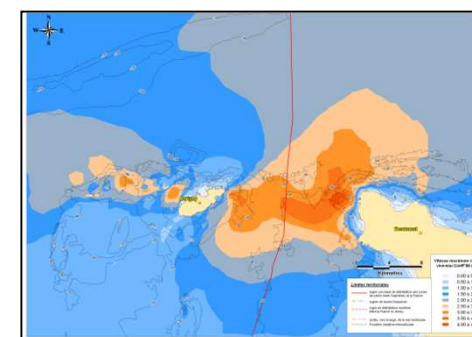
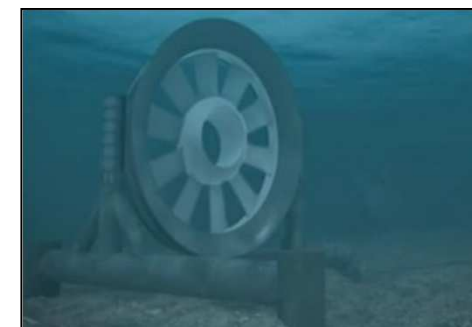
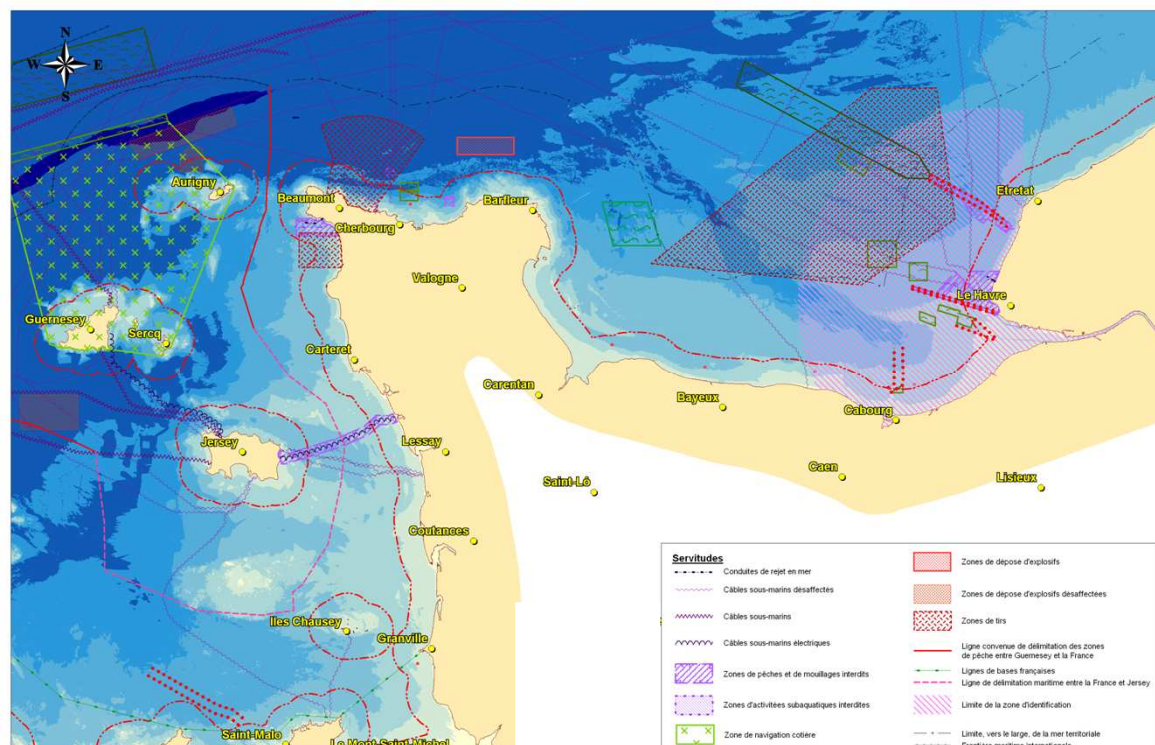
oOo

7.FIGURES

DETERMINATION DU POTENTIEL HYDROLIEN EN BASSE-NORMANDIE

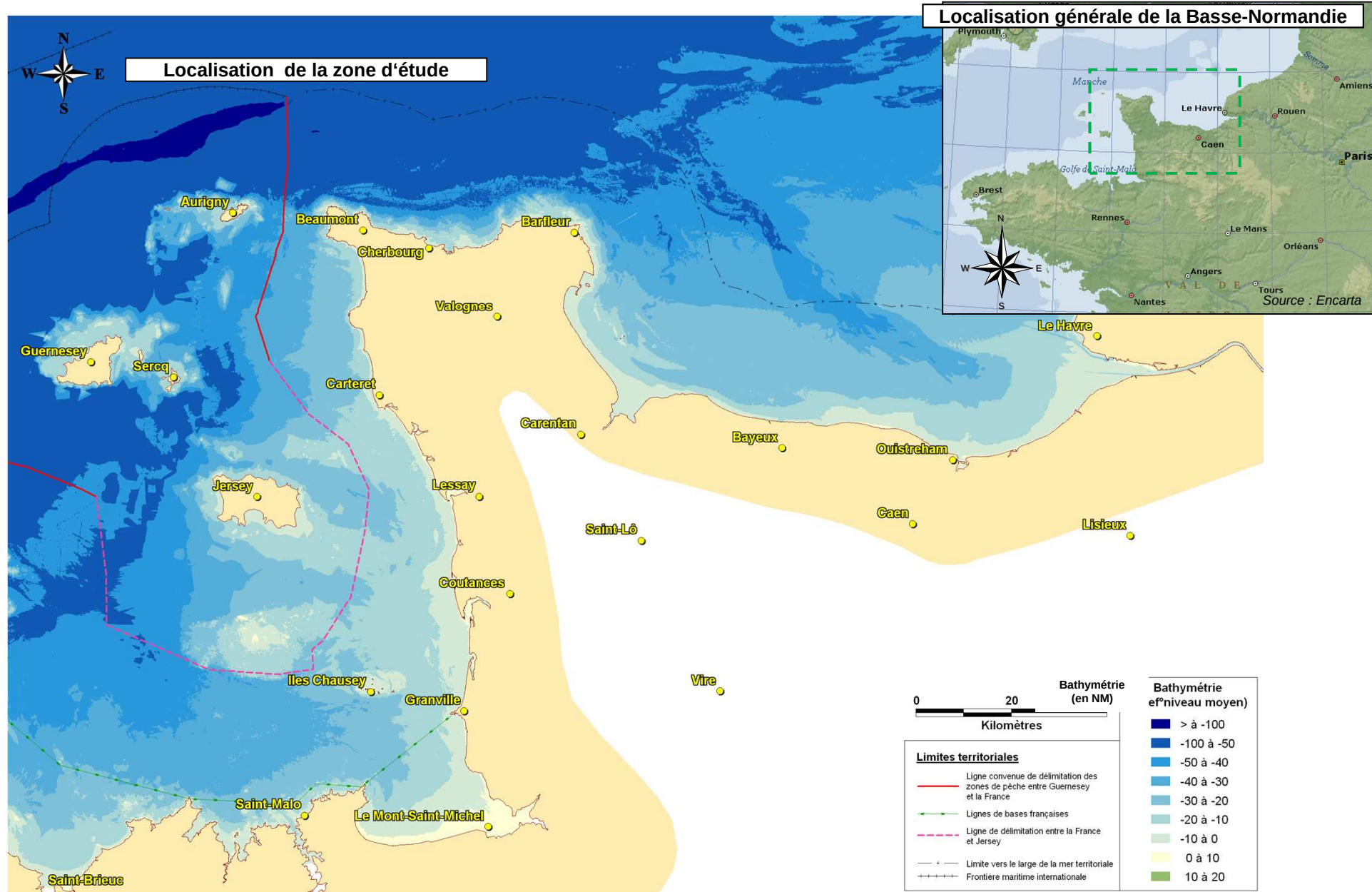
Croisement du gisement hydrolien et des contraintes du domaine côtier – Détermination du potentiel

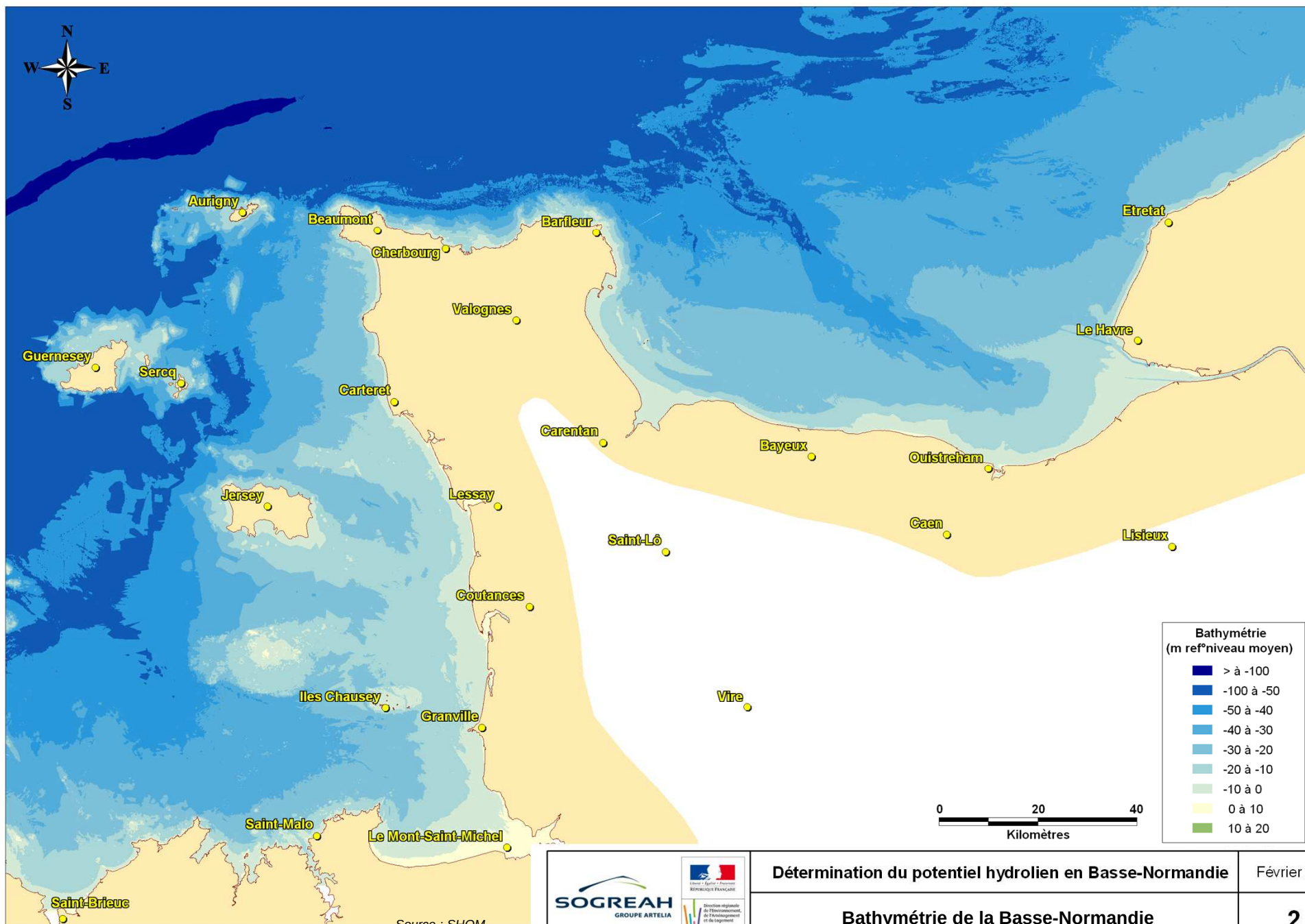
FIGURES - ATLAS



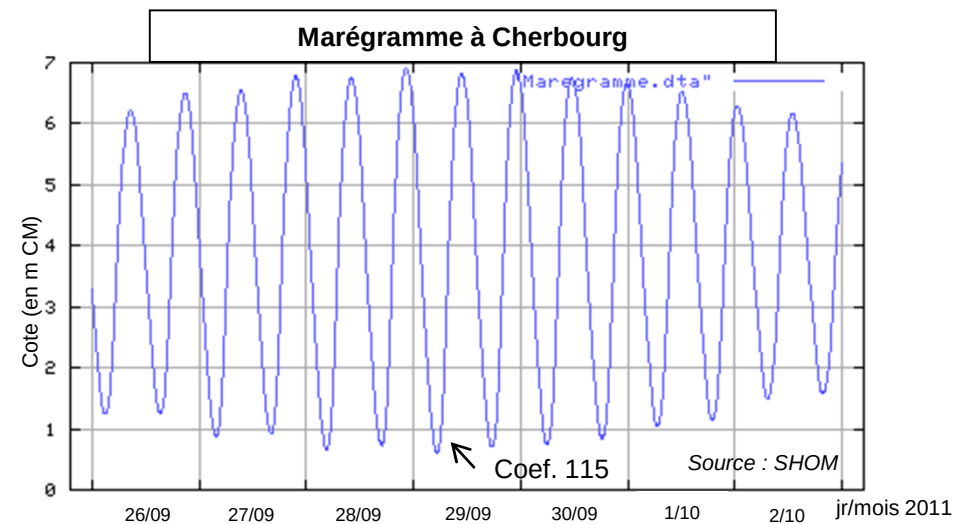
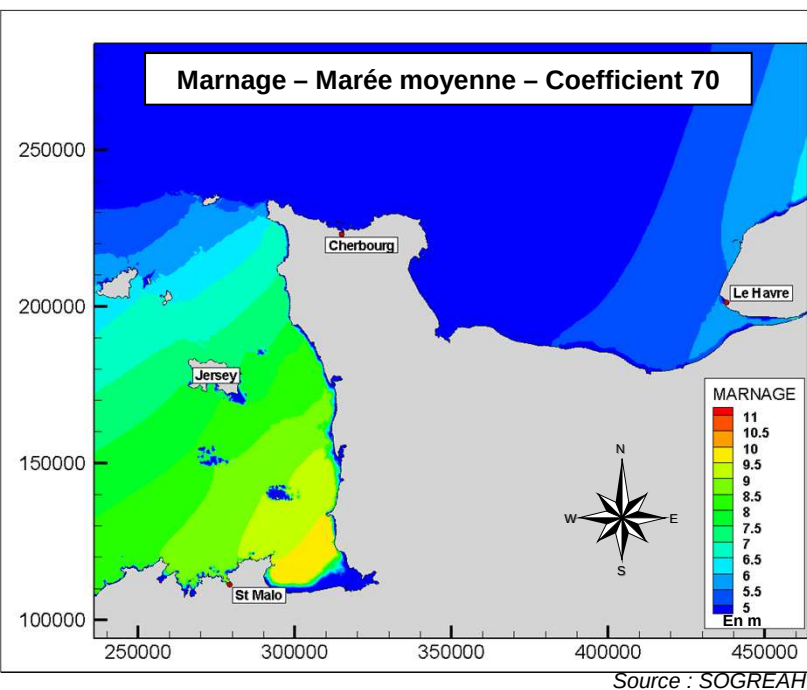
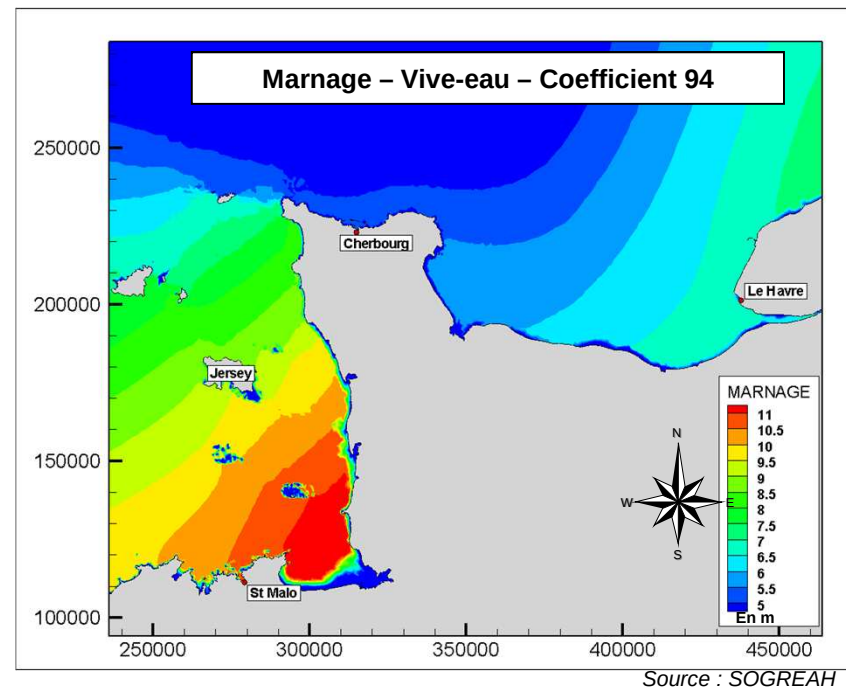
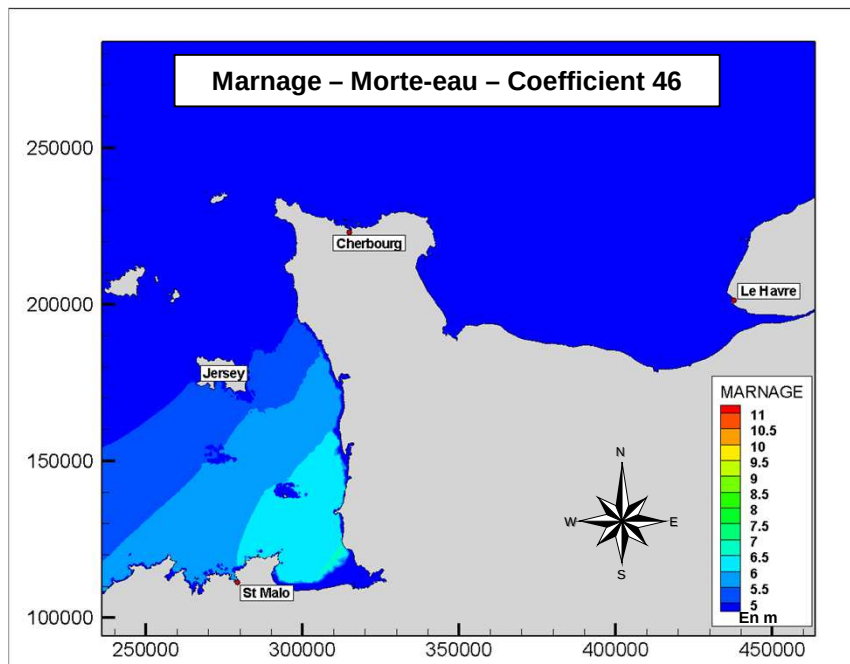
A L'ECHELLE REGIONALE

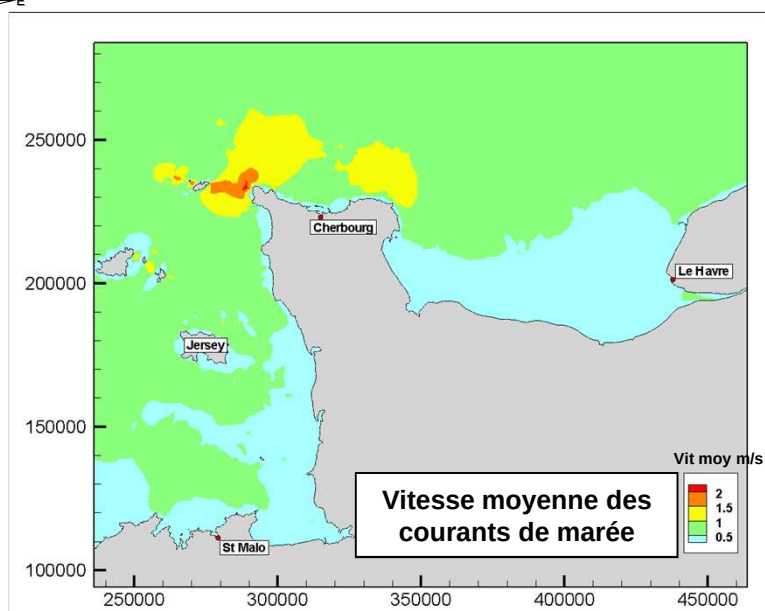
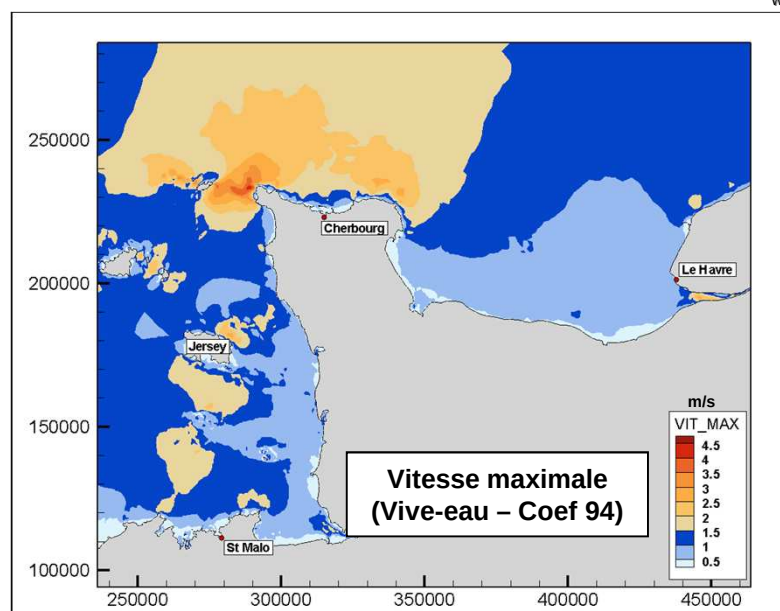
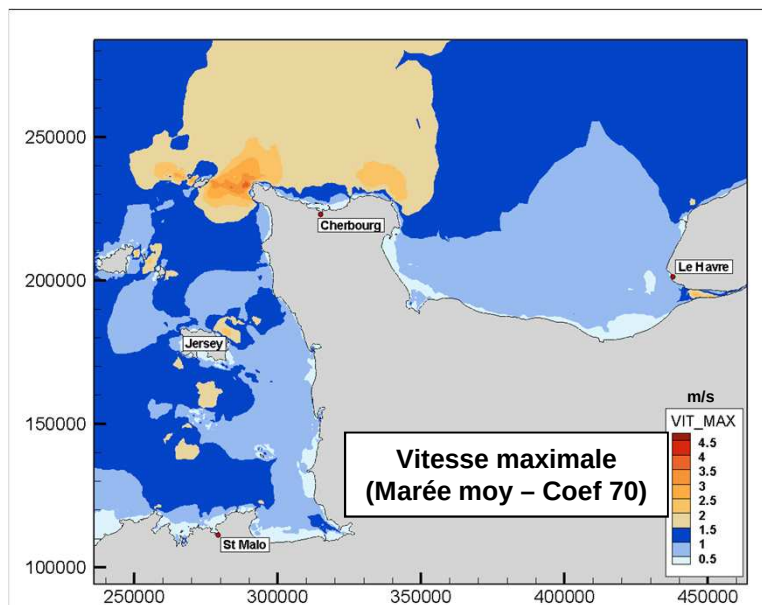
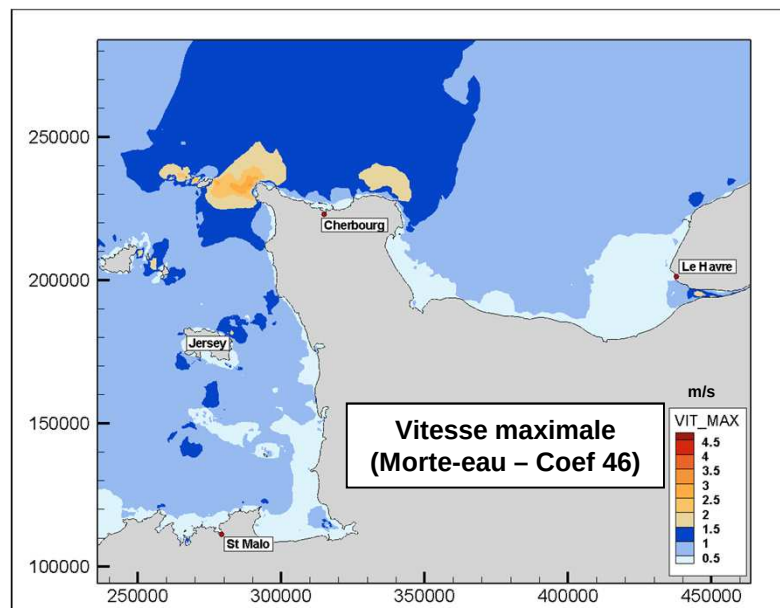
- Fig. 1. LOCALISATION DU SITE DE PROJET
- Fig. 2. BATHYMETRIE DE LA BASSE-NORMANDIE
- Fig. 3. CARACTERISTIQUES DE LA COTE BAS-NORMANDE
- Fig. 4. FLUCTUATION DU NIVEAU MARIN : MARNAGE POUR DIFFERENTS COEFFICIENTS DE MAREE
- Fig. 5. COURANT : VITESSE MAX SUR LA ZONE D'ETUDE
- Fig. 6. CARACTERISATION DE L'AGITATION ANNUELLE
- Fig. 7. CONDITIONS DE PROPAGATION DE DEUX EVENEMENTS
- Fig. 8. GEOLOGIE DE LA ZONE D'ETUDE
- Fig. 9. COUVERTURE SEDIMENTAIRE
- Fig. 10. HABITATS – PEUPELEMENTS BENTHIQUES
- Fig. 11. PROTECTION DU PAYSAGE : SITE SCLASSE SET INSCRITS
- Fig. 12. PATRIMOINE NATUREL : ELEMENTS DE PROTECTION REGLEMENTAIRE
- Fig. 13. PATRIMOINE NATUREL : ELEMENTS DE GESTION CONTRACTUELLE ET ENGAGEMENTS INTERNATIONAUX
- Fig. 14. PATRIMOINE NATUREL : INSCRIPTION AUX INVENTAIRES
- Fig. 15. TRAFIC : ORGANISATION ET TRAFIC DE FRET
- Fig. 16. LIAISONS ERRY TRANSMANCHE
- Fig. 17. PRINCIPALES LIAISONS INTER-ILES
- Fig. 18. PECHE : REGLEMENTATION DE LA PECHE A LA DRAGUE
- Fig. 19. PECHE : REGLEMENTATION DE LA PECHE AU FILET ET CASIER
- Fig. 20. PECHE : REGLEMENTATION DE LA PECHE AU CHALUT
- Fig. 21. PECHE : COQUILLAGES, CRUSTACES ET CEPHALOPODES
- Fig. 22. METIERS PRATIQUES PAR SECTEURS DE PECHE
- Fig. 23. ESPECES PECHEES PAR SECTEURS DE PECHE
- Fig. 24. PLAISANCE
- Fig. 25. TOURISME : DENSITE DU TOURISME EN BASSE-NORMANDIE
- Fig. 26. CONTRAINTES ET SERVITUDES A L'ECHELLE DE LA BASSE-NORMANDIE
- Fig. 27. RACCORDEMENT : POSTES ELECTRIQUES
- Fig. 28. SYNTHESE DES CONTRAINTES ET GISEMENT A L'ECHELLE DE LA BASSE-NORMANDIE 1/2
- Fig. 29. SYNTHESE DES CONTRAINTES ET GISEMENT A L'ECHELLE DE LA BASSE-NORMANDIE 2/2
- Fig. 30. ZOOM « PASSAGE DE LA DEROUTE » : BATHYMETRIE
- Fig. 31. ZOOM « PASSAGE DE LA DEROUTE » : COUVERTURE SEDIMENTAIRE
- Fig. 32. ZOOM « PASSAGE DE LA DEROUTE » : VITESSE MAX POUR COEFFICIENT DE MAREE DE 94
- Fig. 33. ZOOM « PASSAGE DE LA DEROUTE » : SYNTHESE DES CONTRAINTES
- Fig. 34. ZOOM « RAZ BLANCHARD » : BATHYMETRIE
- Fig. 35. ZOOM « RAZ BLANCHARD » : COUVERTURE SEDIMENTAIRE
- Fig. 36. ZOOM « RAZ BLANCHARD » : VITESSE MAX POUR COEFFICIENT DE MAREE DE 94
- Fig. 37. ZOOM « RAZ BLANCHARD » : SYNTHESE DES CONTRAINTES
- Fig. 38. ZOOM « RAZ DE BARFLEUR » : BATHYMETRIE
- Fig. 39. ZOOM « RAZ DE BARFLEUR » : COUVERTURE SEDIMENTAIRE
- Fig. 40. ZOOM « RAZ DE BARFLEUR » : VITESSE MAX POUR COEFFICIENT DE MAREE DE 94
- Fig. 41. ZOOM « RAZ DE BARFLEUR » : SYNTHESE DES CONTRAINTES
- Fig. 42. ZOOM « PASSAGE DE LA DEROUTE » : TEST DE SENSIBILITE – ISOBATHE - 25M CM
- Fig. 43. ZOOM « PASSAGE DE LA DEROUTE » : TEST DE SENSIBILITE – ISOBATHE - 30M CM
- Fig. 44. ZOOM « PASSAGE DE LA DEROUTE » : TEST DE SENSIBILITE – ISOBATHE - 35M CM
- Fig. 45. ZOOM « RAZ BLANCHARD » : TEST DE SENSIBILITE – ISOBATHE -25M CM
- Fig. 46. ZOOM « RAZ BLANCHARD » : TEST DE SENSIBILITE – ISOBATHE -30M CM
- Fig. 47. ZOOM « RAZ BLANCHARD » : TEST DE SENSIBILITE – ISOBATHE -35M CM
- Fig. 48. ZOOM « RAZ DE BARFLEUR » : TEST DE SENSIBILITE – ISOBATHE -25M CM
- Fig. 49. ZOOM « RAZ DE BARFLEUR » : TEST DE SENSIBILITE – ISOBATHE -30M CM
- Fig. 50. ZOOM « RAZ DE BARFLEUR » : TEST DE SENSIBILITE – ISOBATHE -35M CM











Source : SOGREAH

SOGREAH
GROUPE ARTELIA

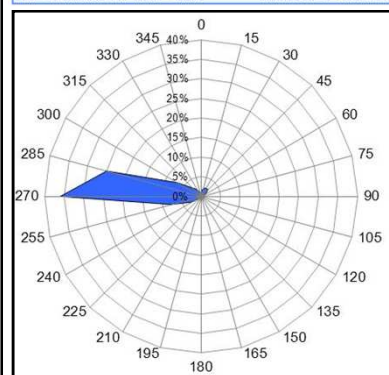
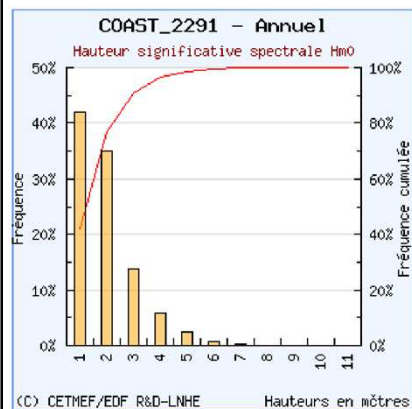


Détermination du potentiel hydrolien en Basse-Normandie

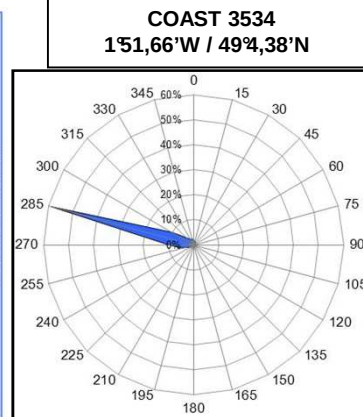
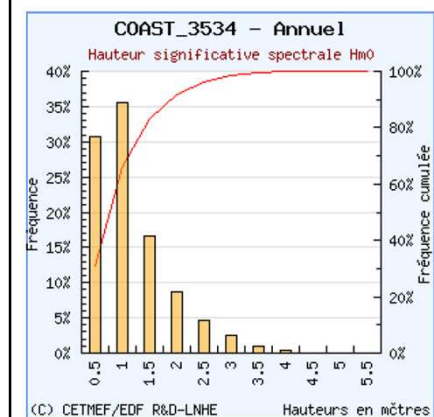
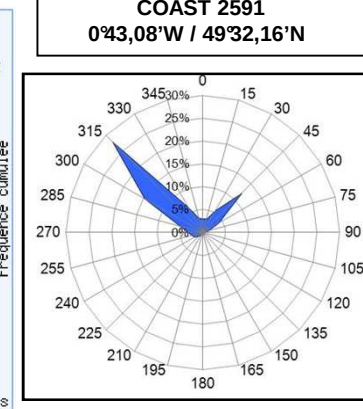
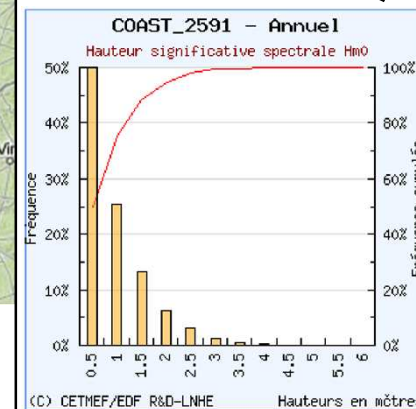
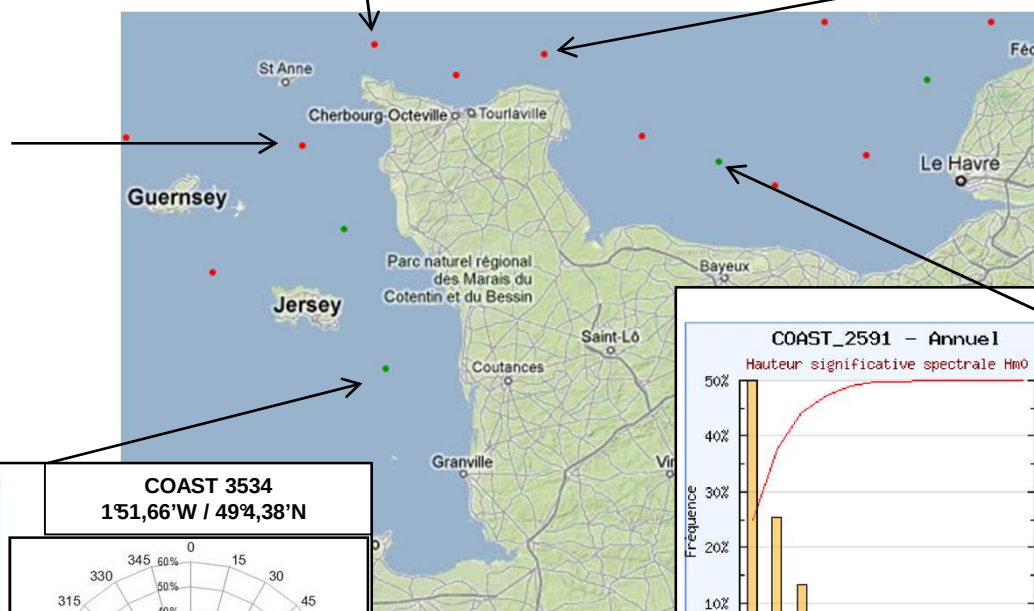
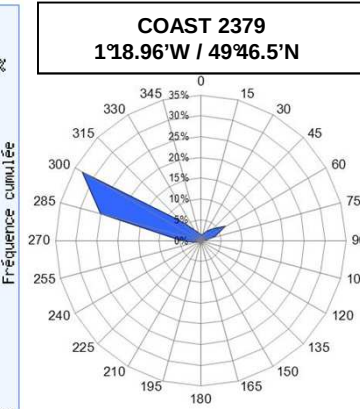
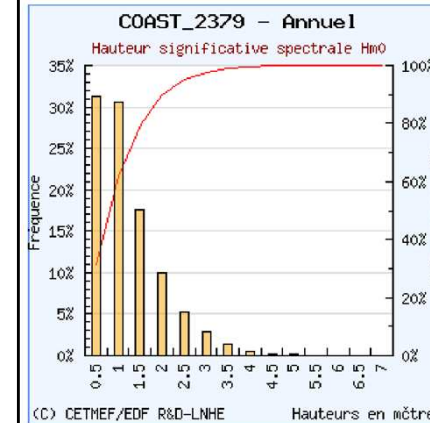
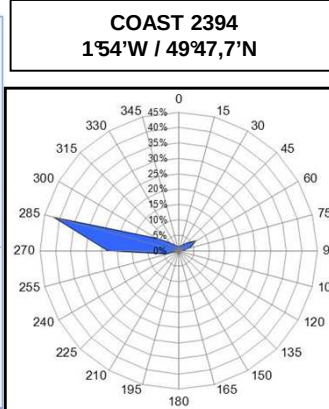
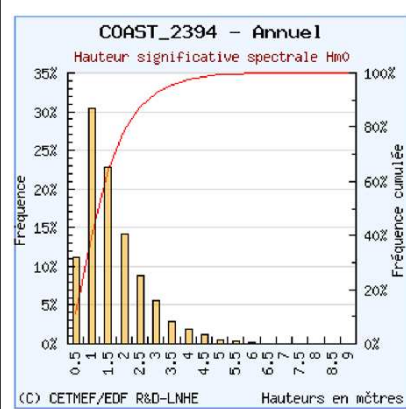
Février 2012

Courant : vitesse max sur la zone d'étude

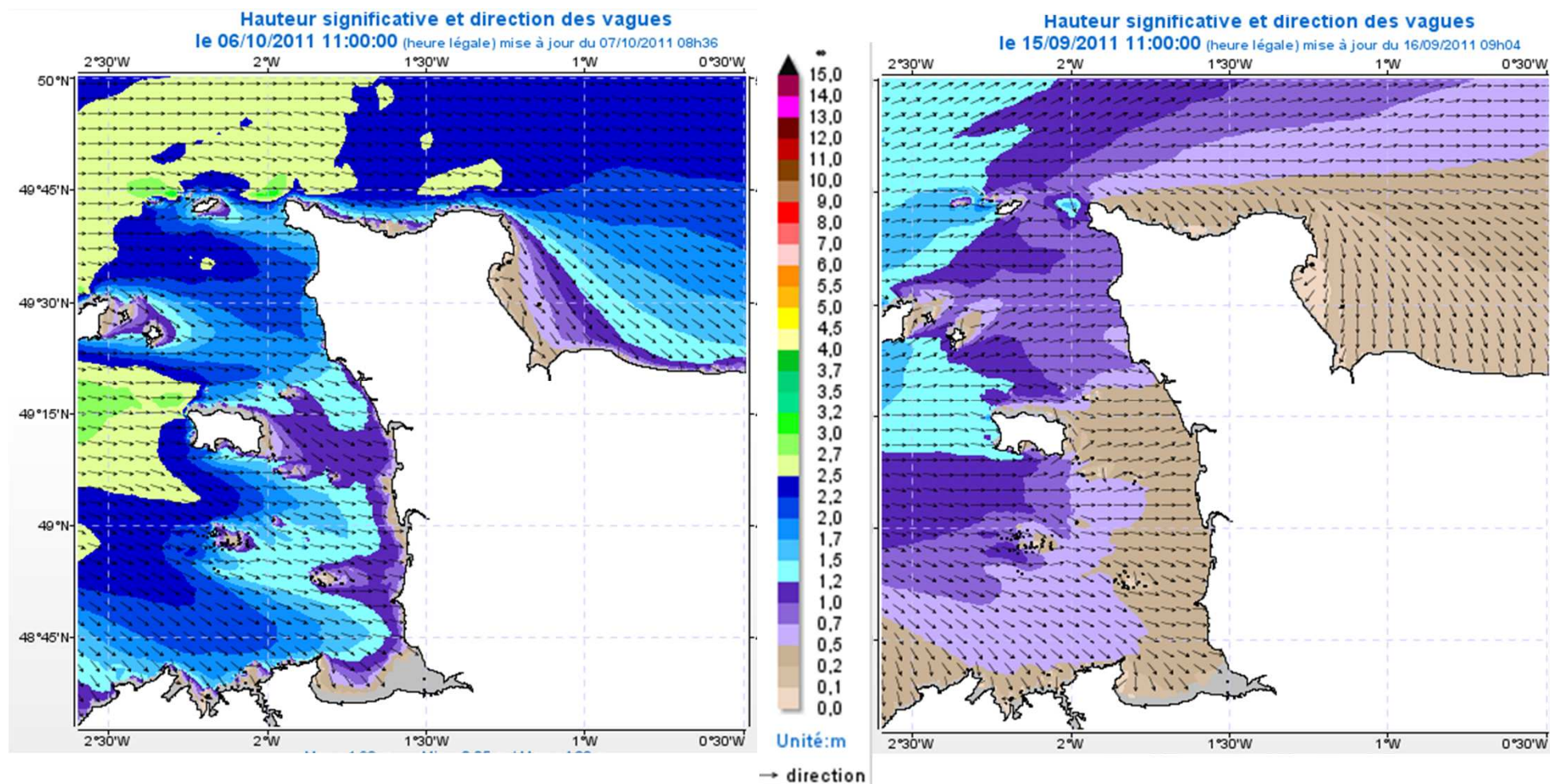
5



COAST 2291
2°08,94'W / 49°34,26'N



Source : d'après données ANEMOC



Source : PREVIMER

SOGREAH
 GROUPE ARTELIA

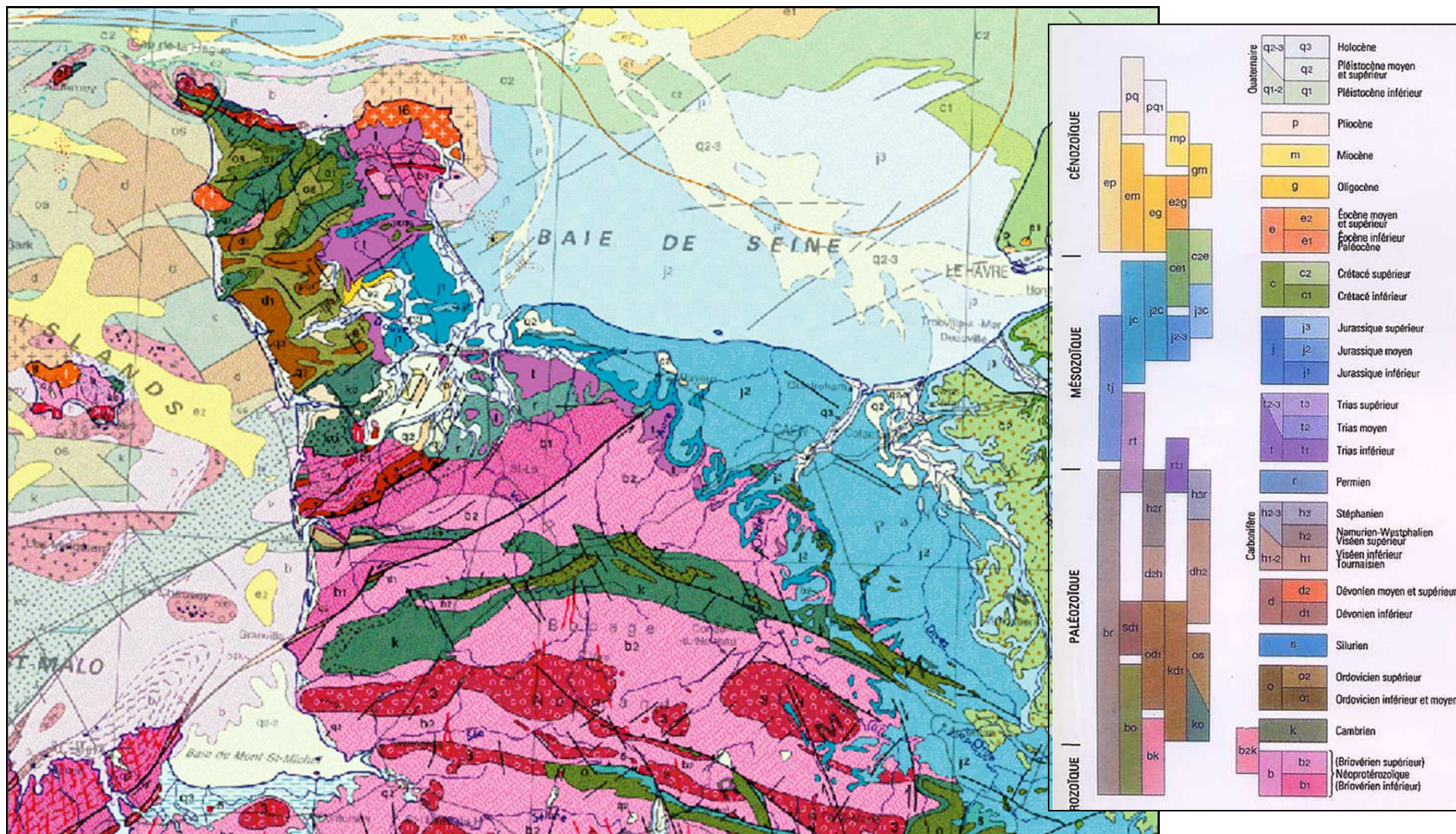


Détermination du potentiel hydrolien en Basse-Normandie

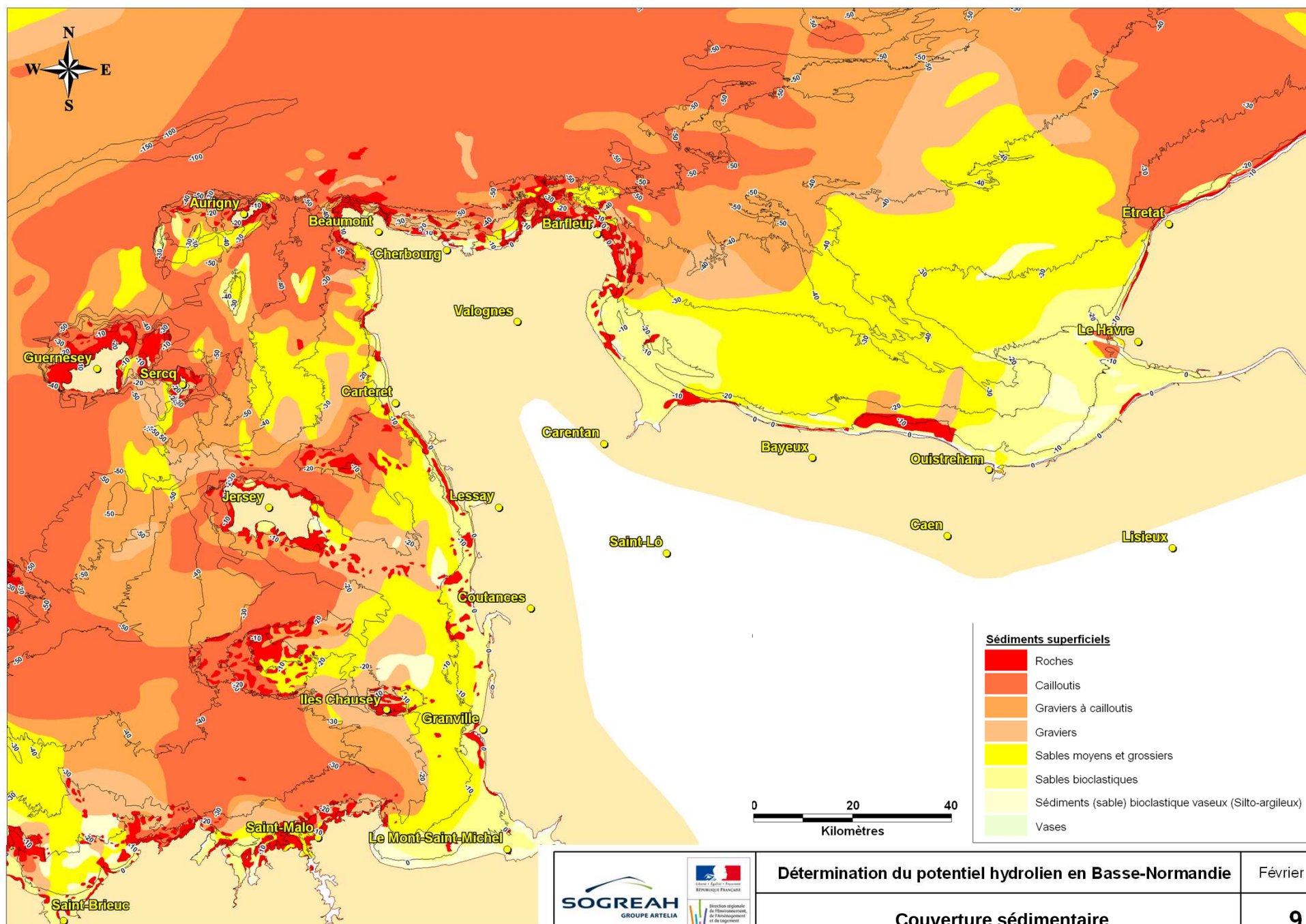
Février 2012

Conditions de propagation de deux événements

7



Source : BRGM



D'après données BRGM

SOGREAH
GROUPE ARTELIA

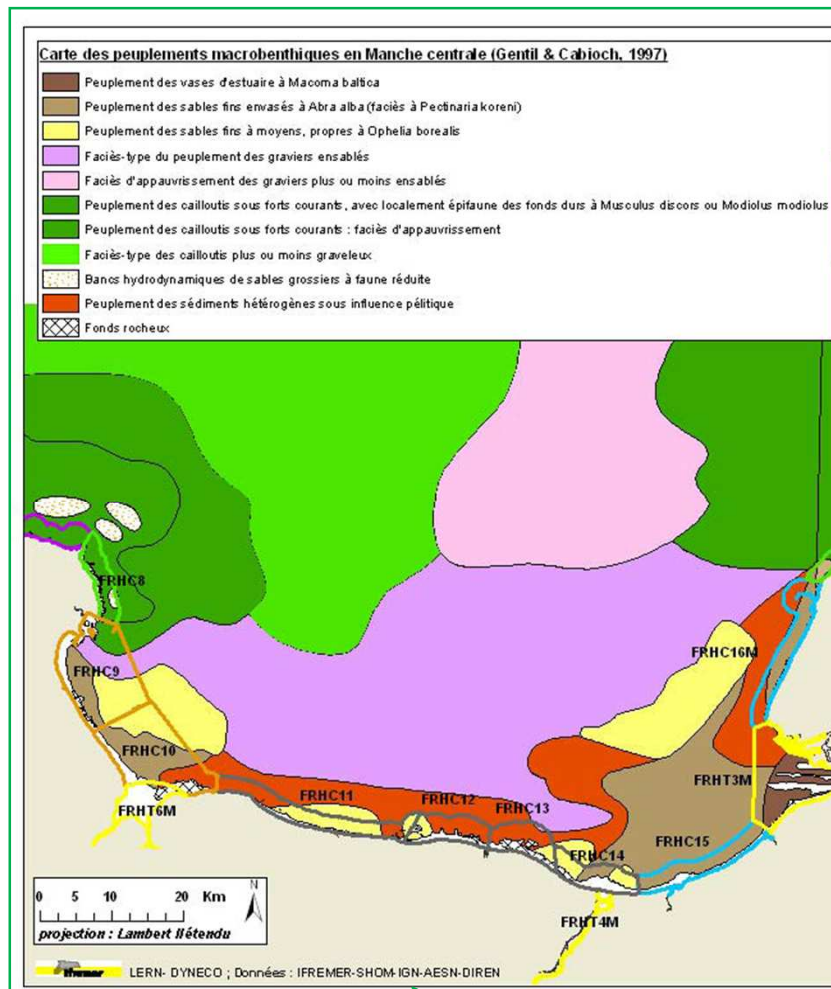
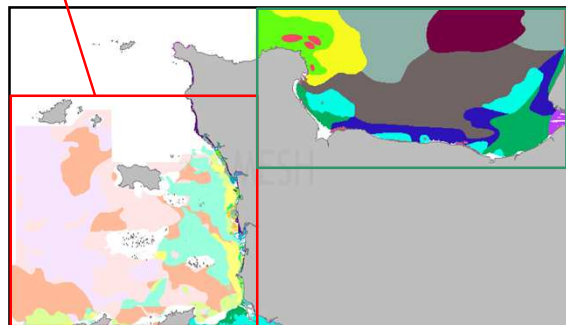
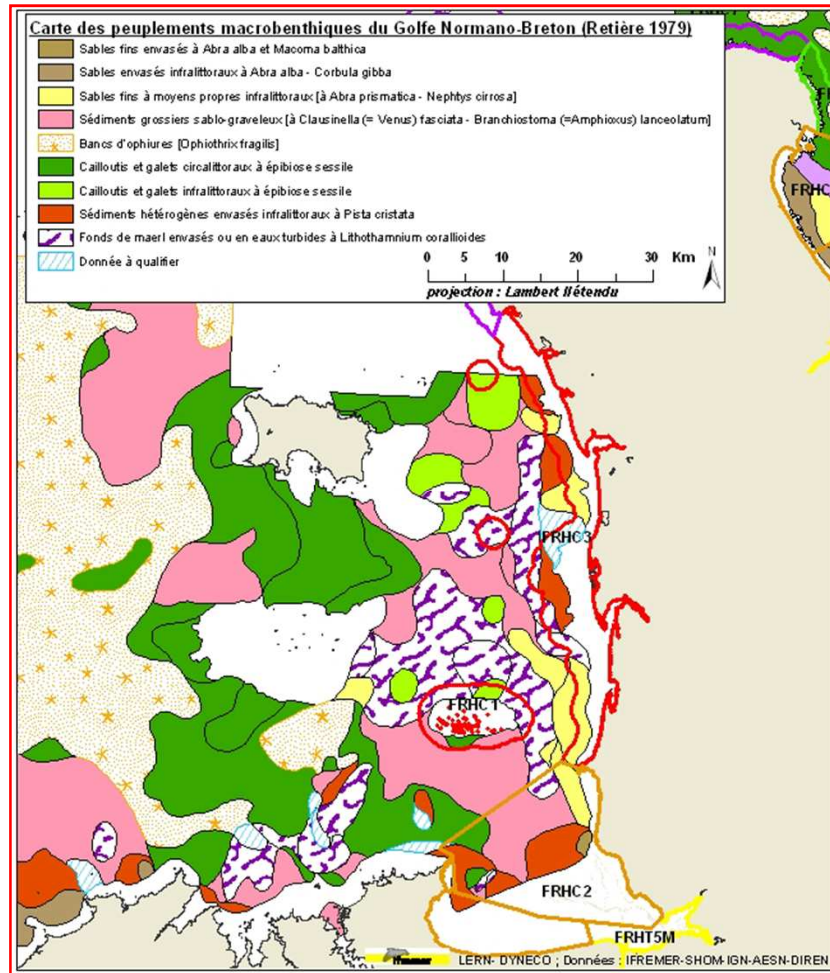


Détermination du potentiel hydrolien en Basse-Normandie

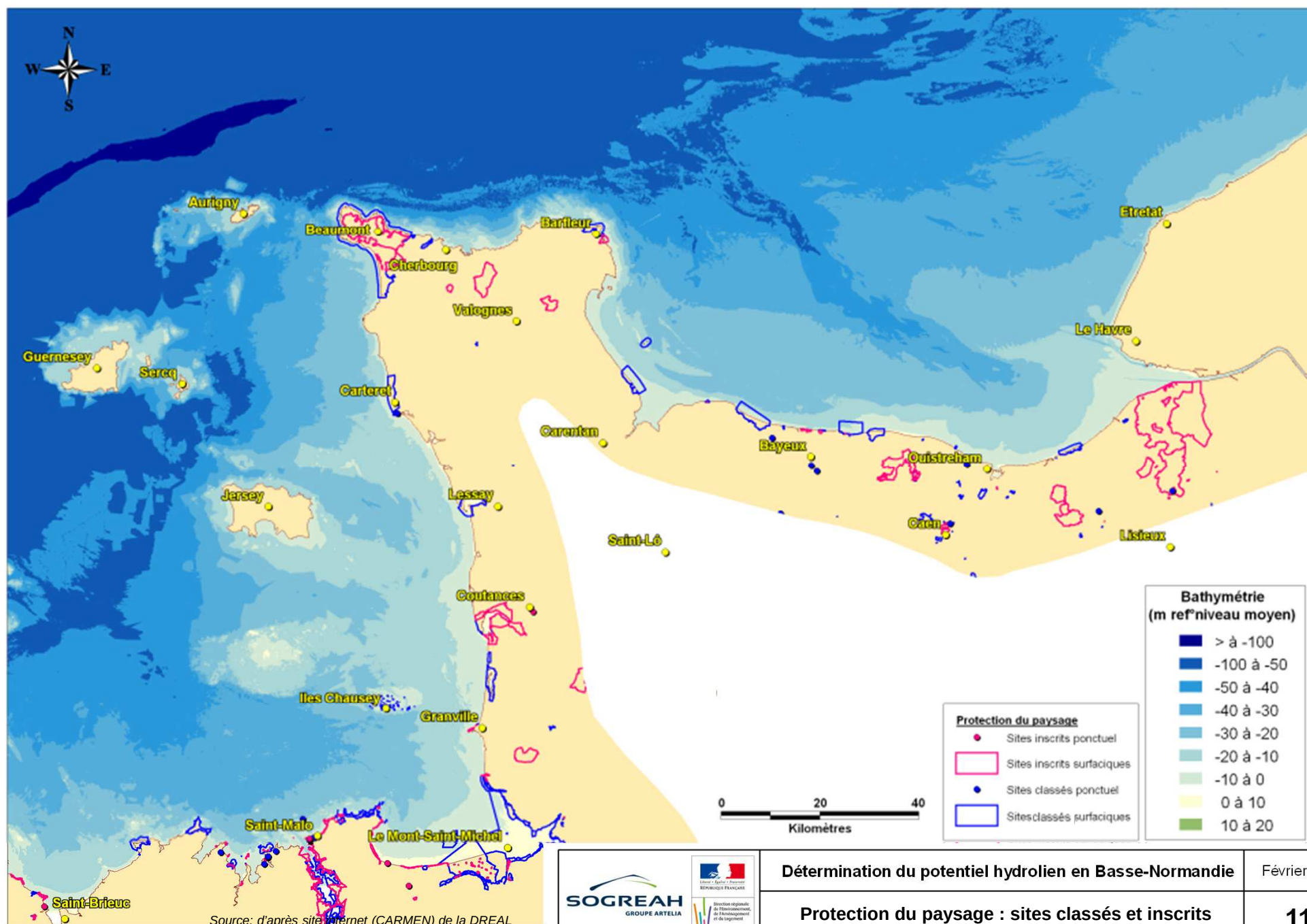
Février 2012

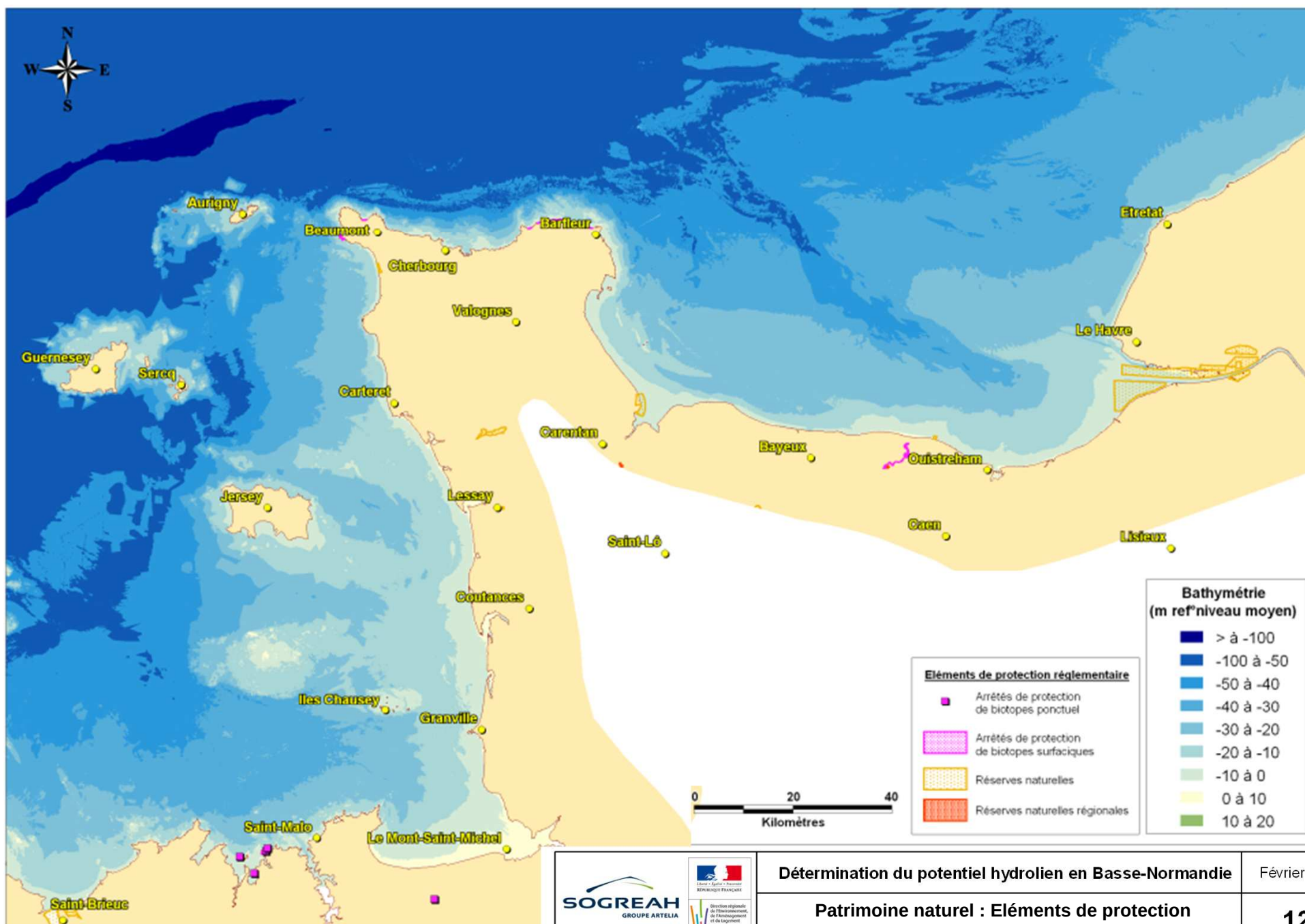
Couverture sédimentaire

9



Source : IFREMER, 2005





Source: d'après site internet (CARMEN) de la DREAL

SOGREAH
GROUPE ARTELIA

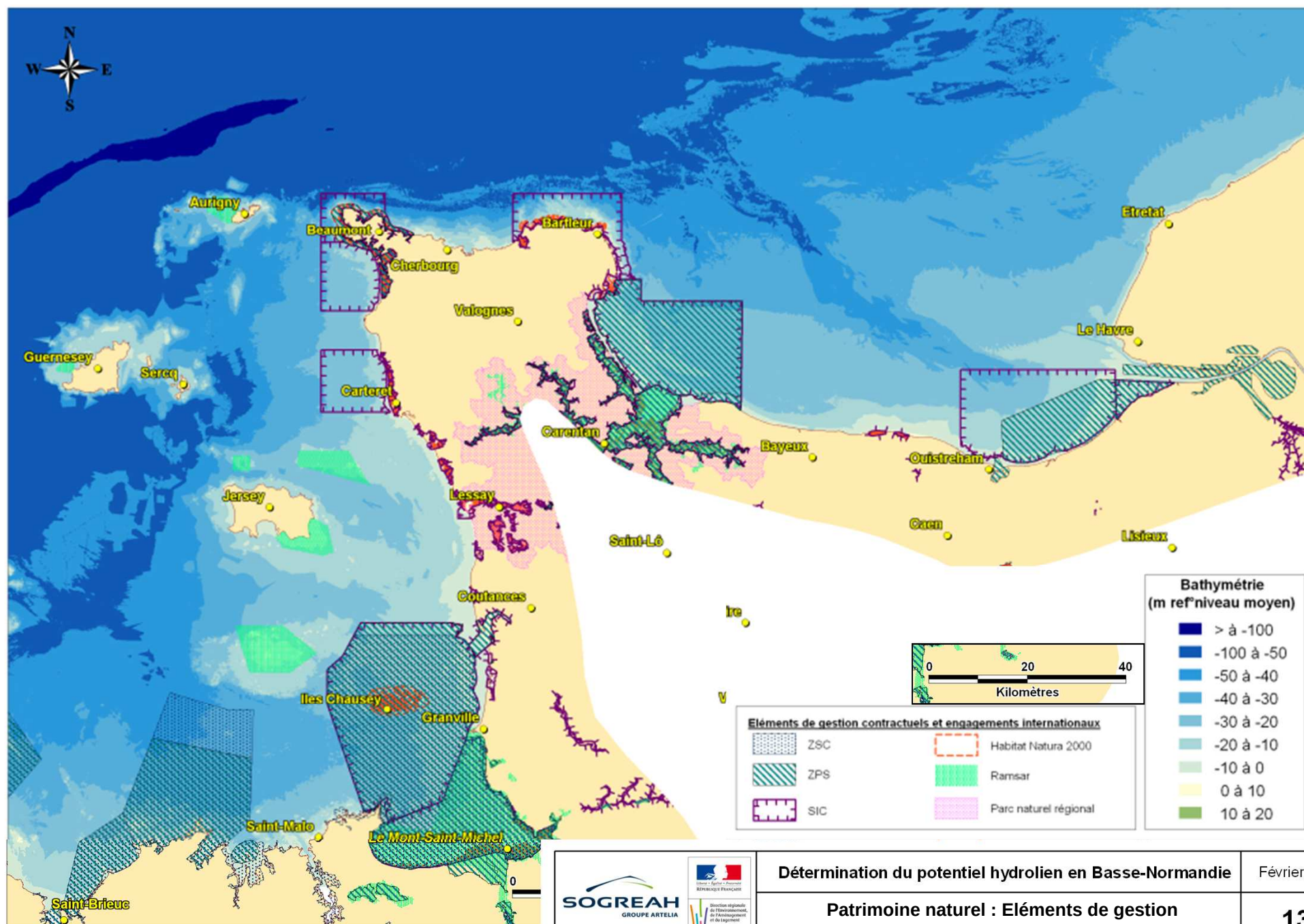


Détermination du potentiel hydroléon en Basse-Normandie

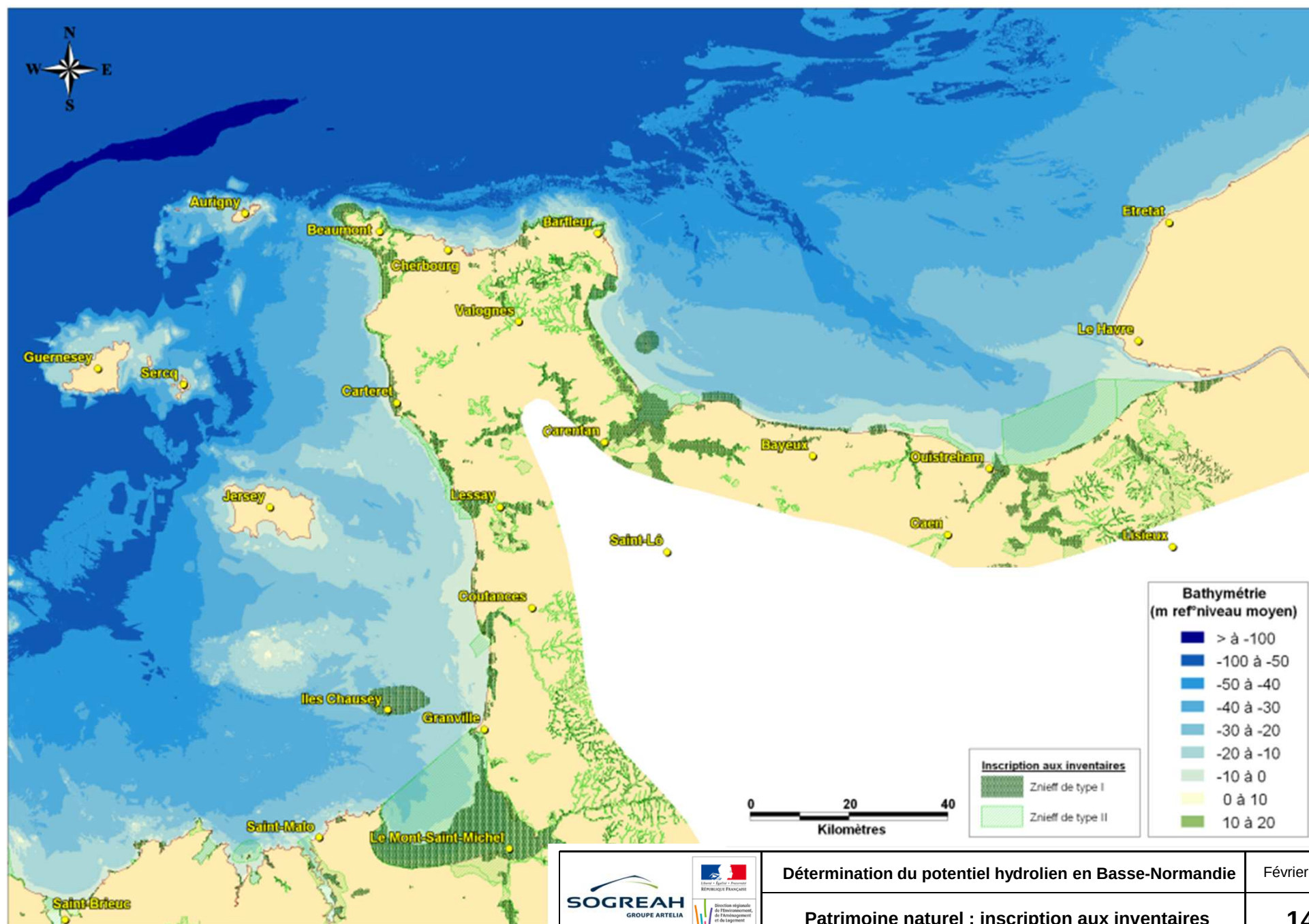
Février 2012

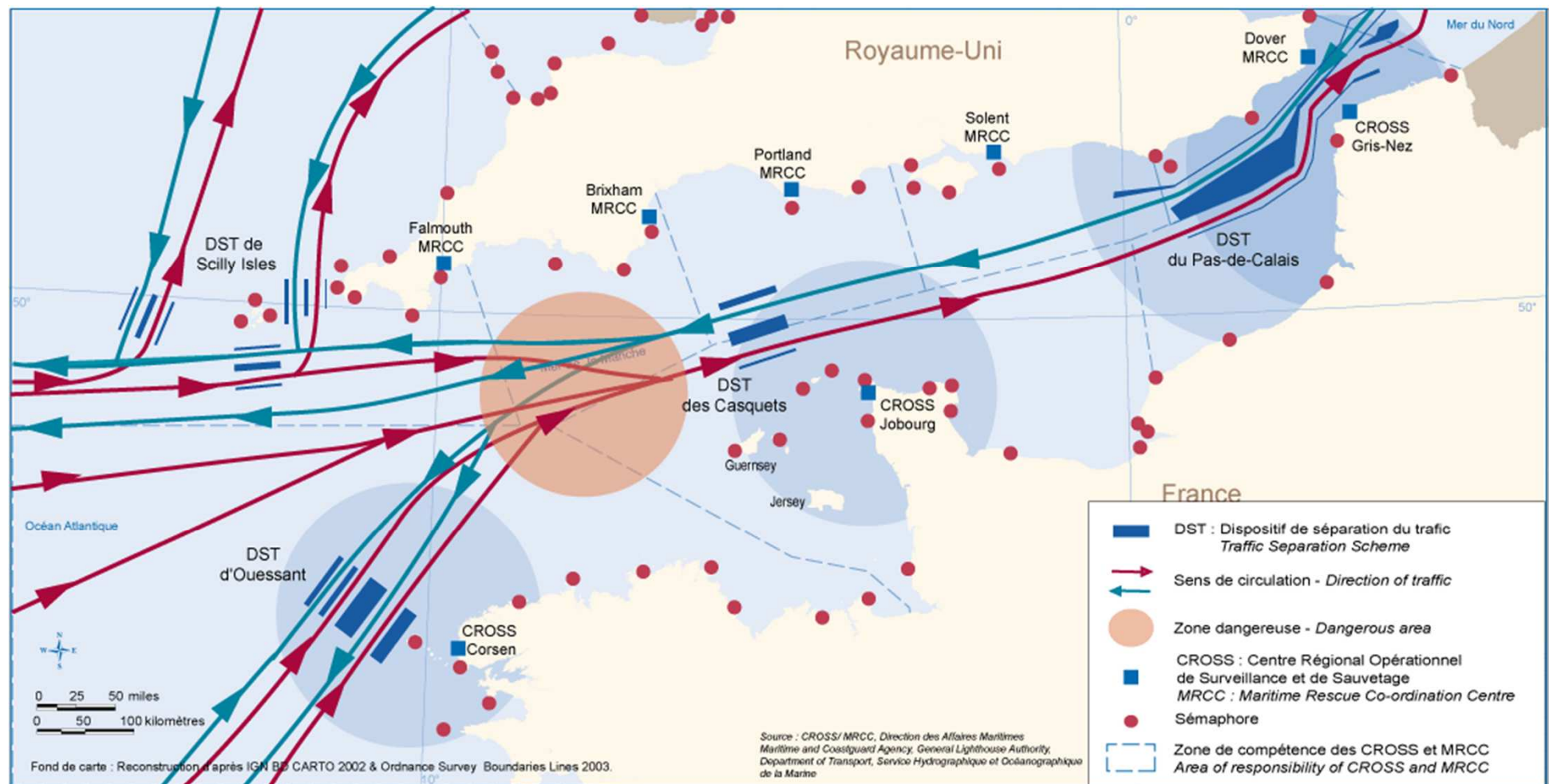
Patrimoine naturel : Eléments de protection réglementaire

12

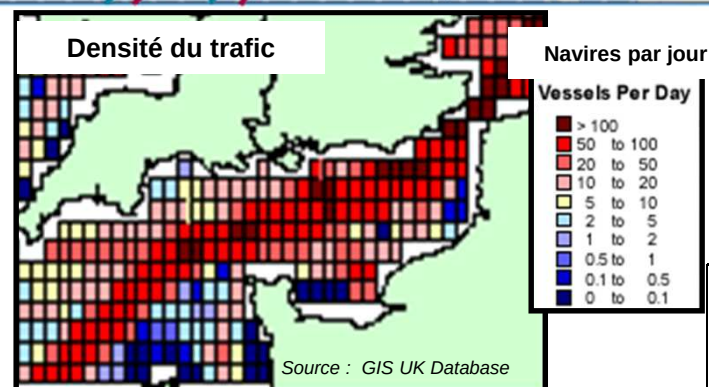


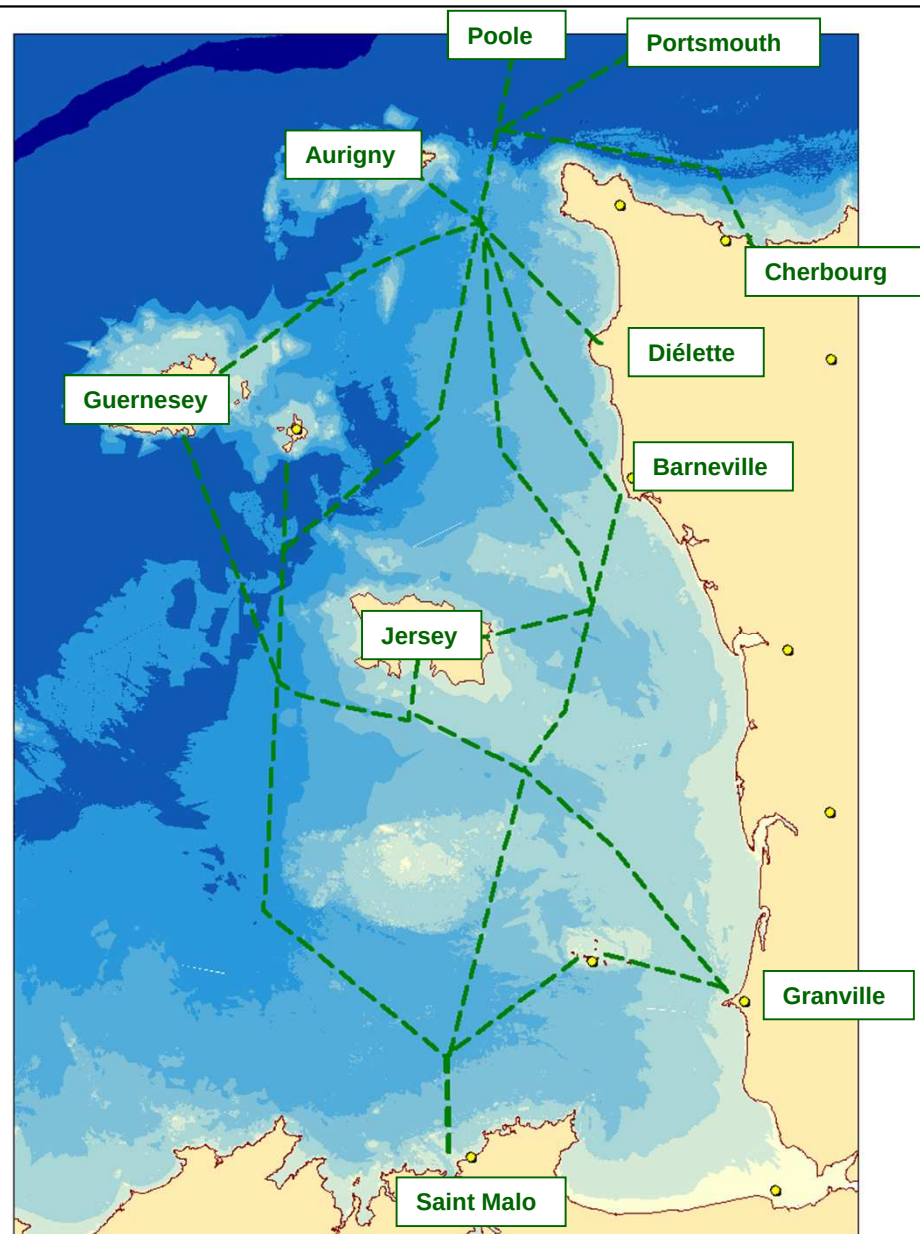
Source: d'après site internet (CARMEN) de la DREAL

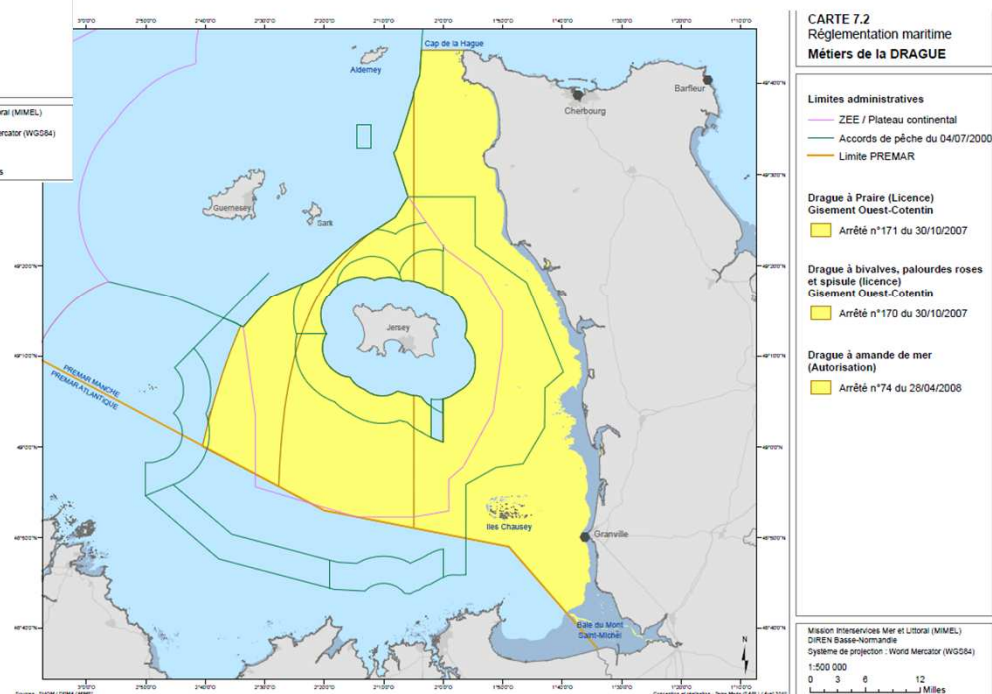
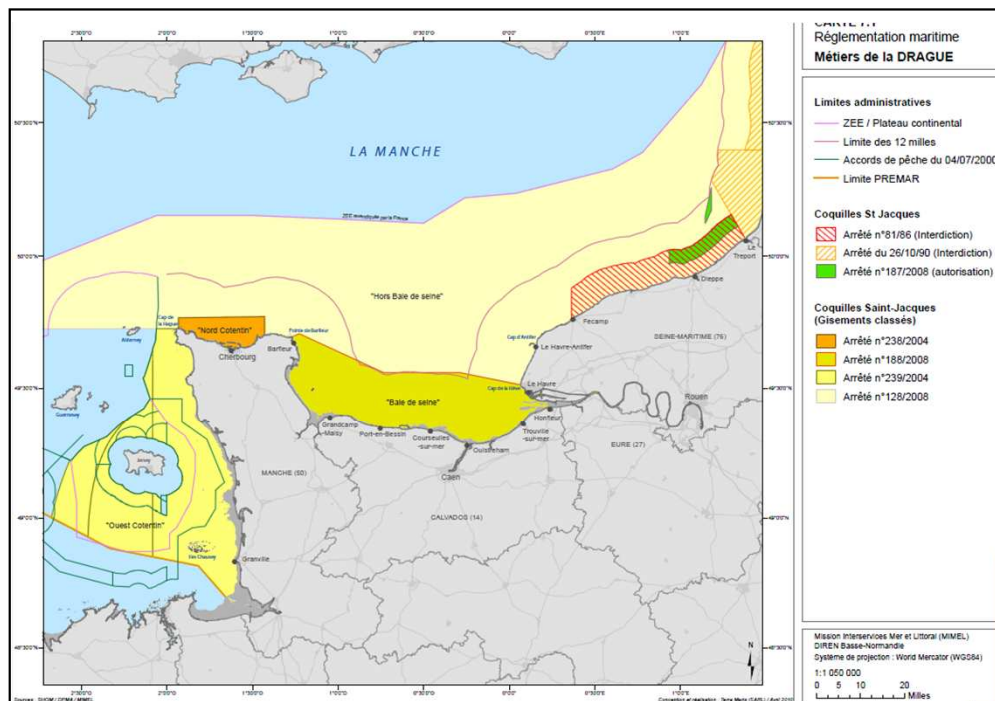




Source: Atlas transmanche







Source : Mission Interservices Mer et Littoral (MIMEL), DREAL Basse Normandie
Atlas Réglementation Maritime

SOGREAH
GROUPE ARTELIA

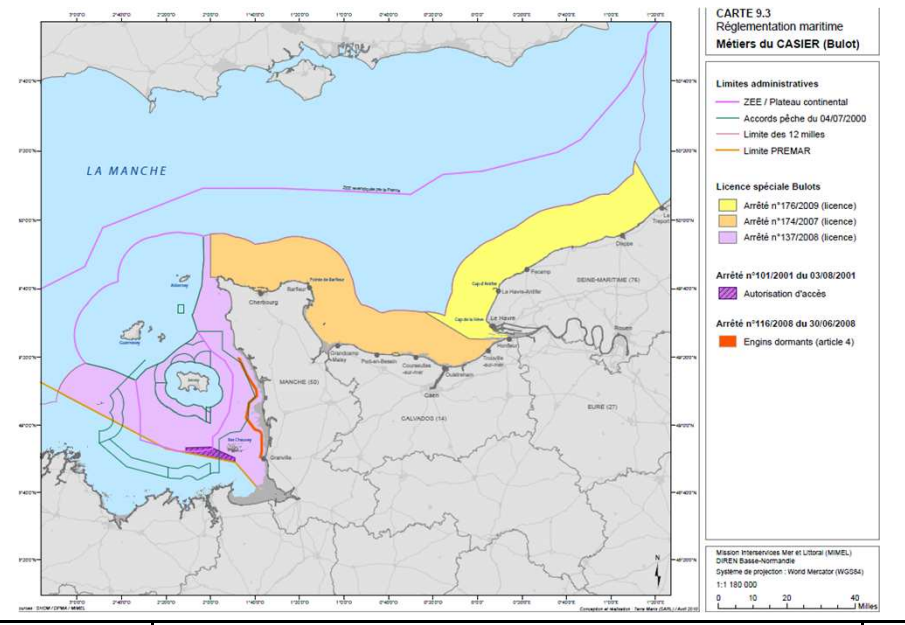
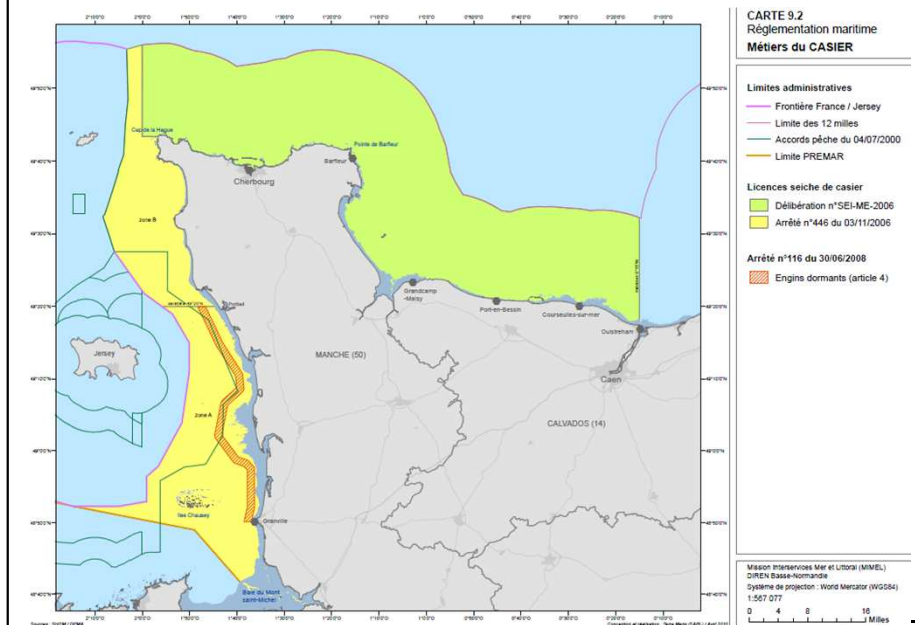
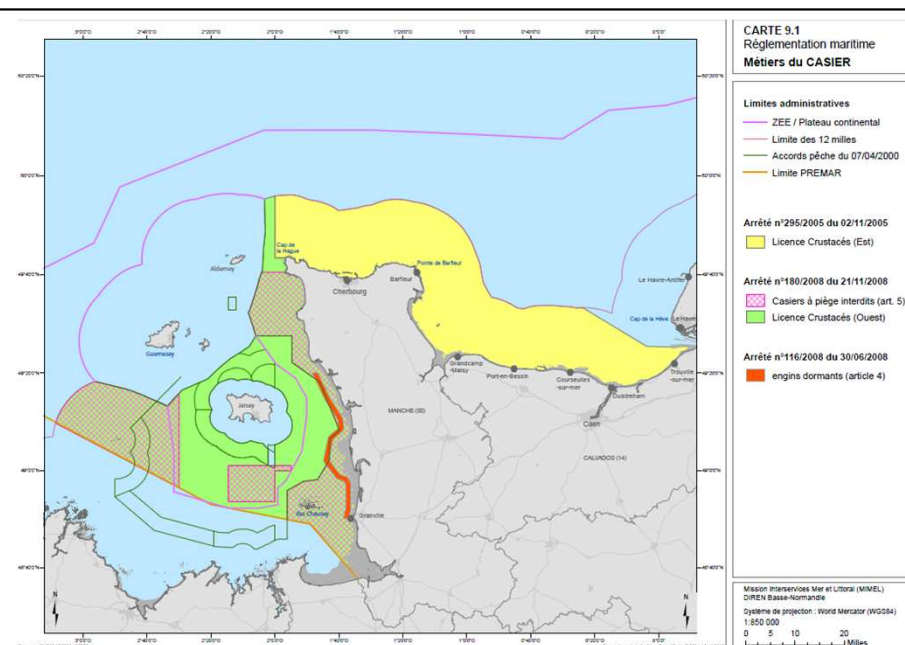
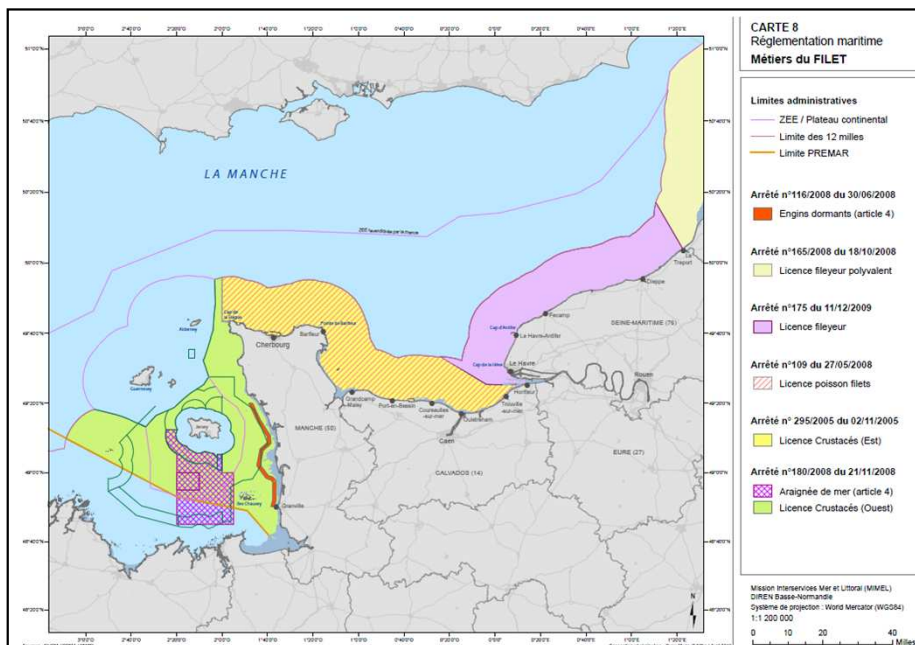


Détermination du potentiel hydrolien en Basse-Normandie

Février 2012

Pêche : réglementation de la pêche à la drague

18



Source : Mission Interservices Mer et Littoral (MIMEL), DIREN Basse Normandie
Atlas Réglementation Maritime

SOGREAH
GROUPE ARTELIA

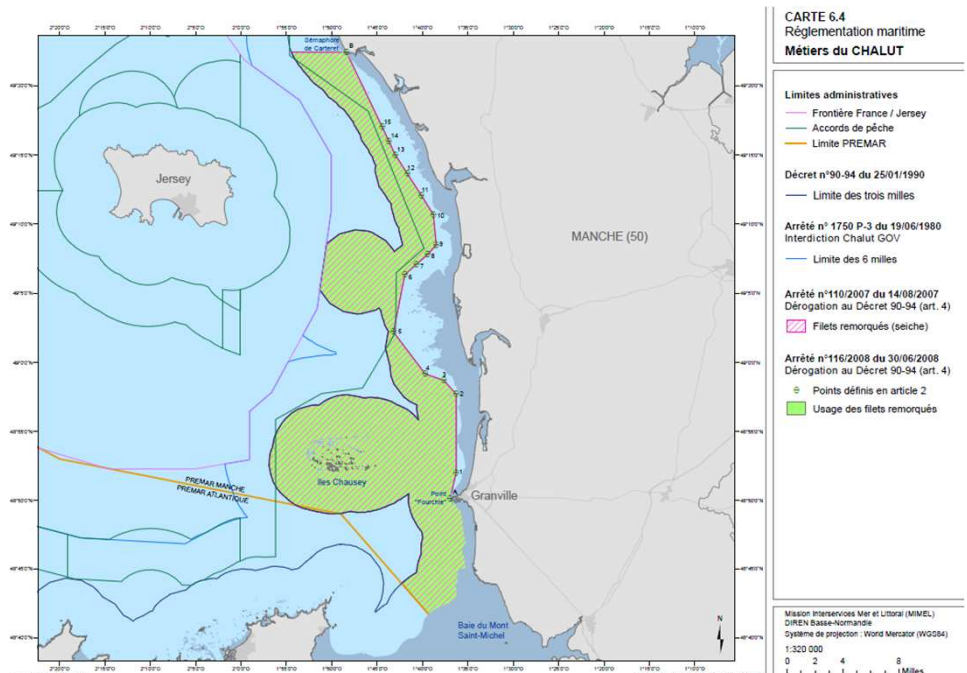
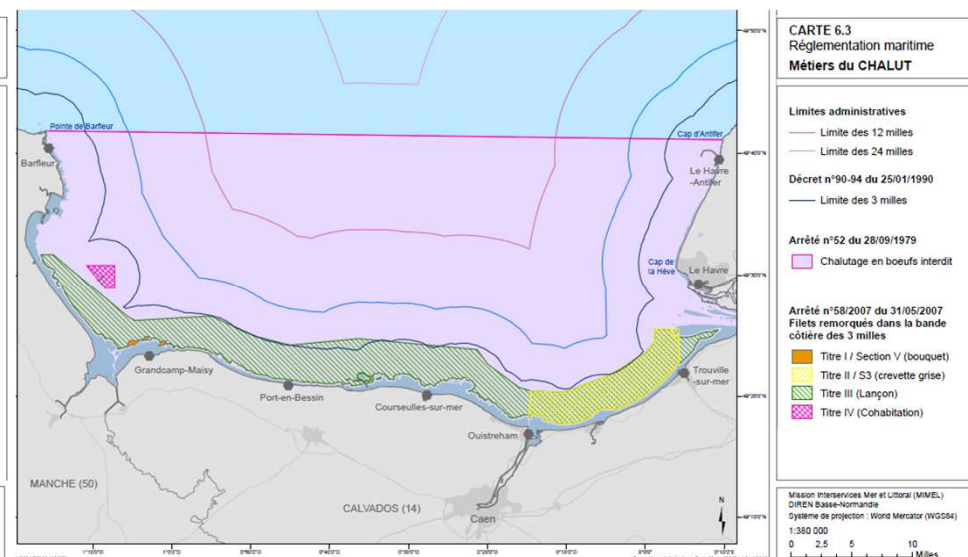
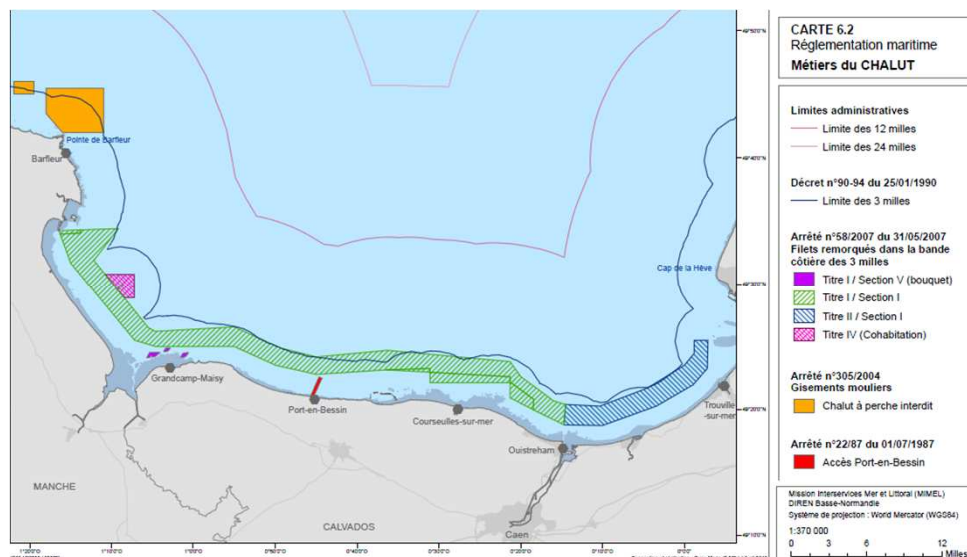


Détermination du potentiel hydrolien en Basse-Normandie

Février 2012

Pêche : réglementation de la pêche au filet et casier

19



Source : Mission Interservices Mer et Littoral (MIMEL), DREAL Basse Normandie
Atlas Réglementation Maritime

SOGREAH
GROUPE ARTELIA



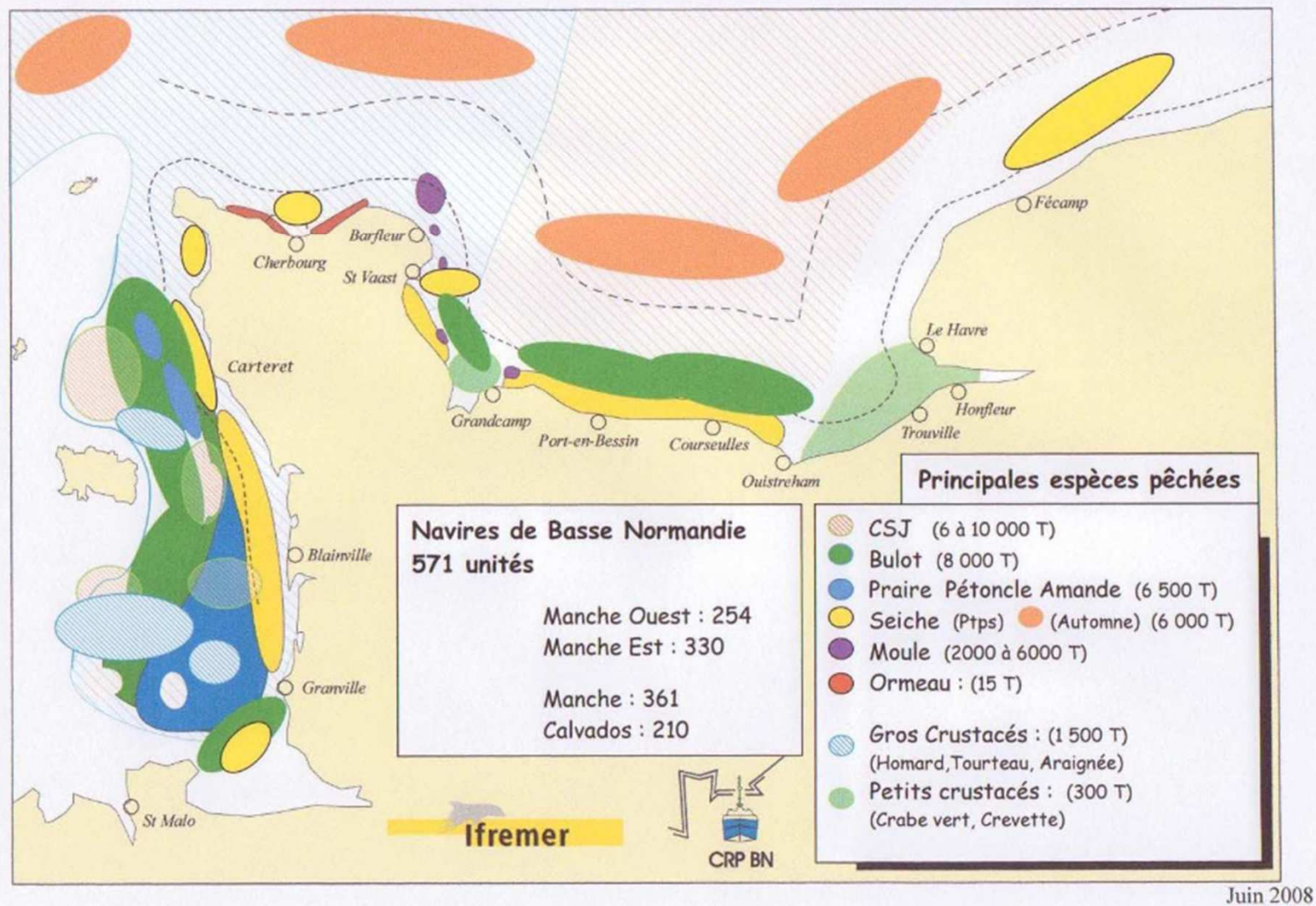
Détermination du potentiel hydrolien en Basse-Normandie

Février 2012

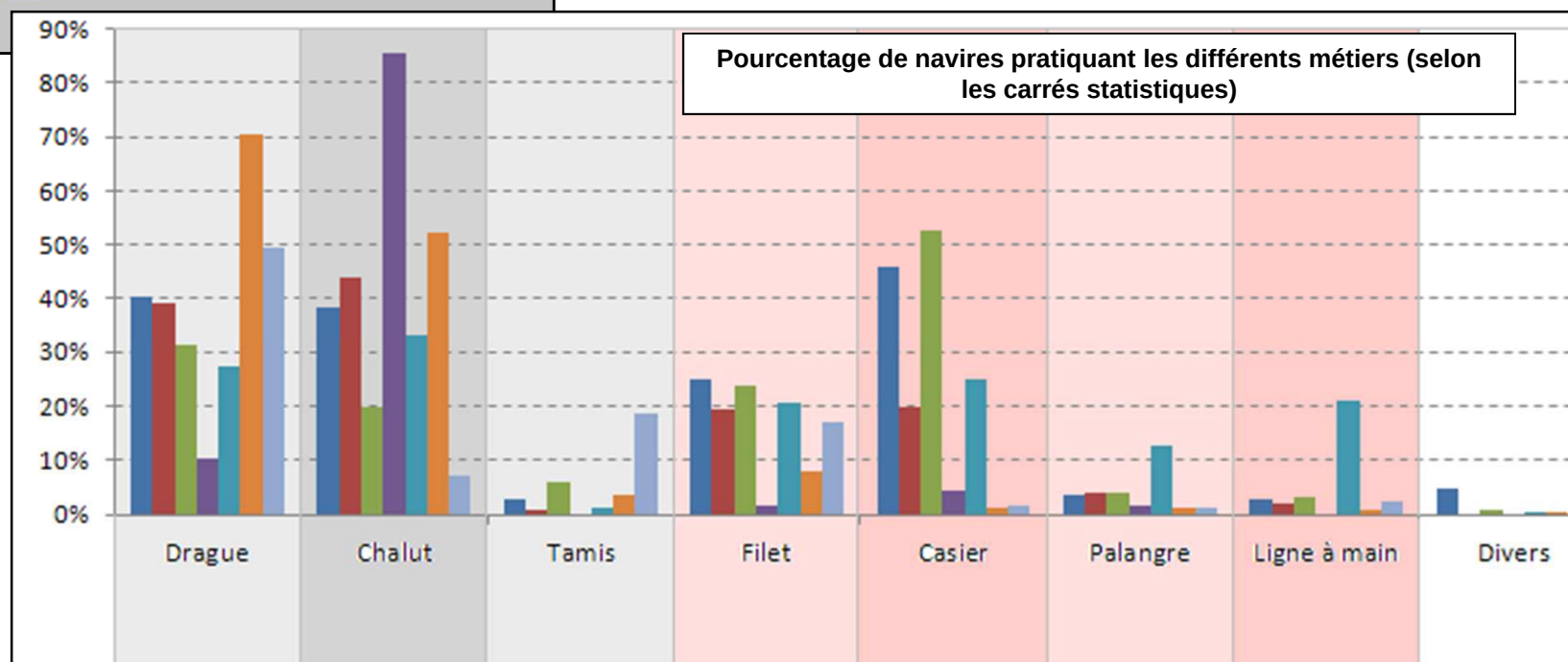
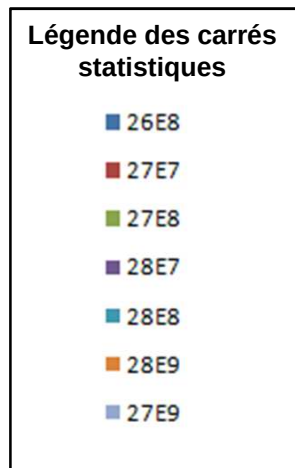
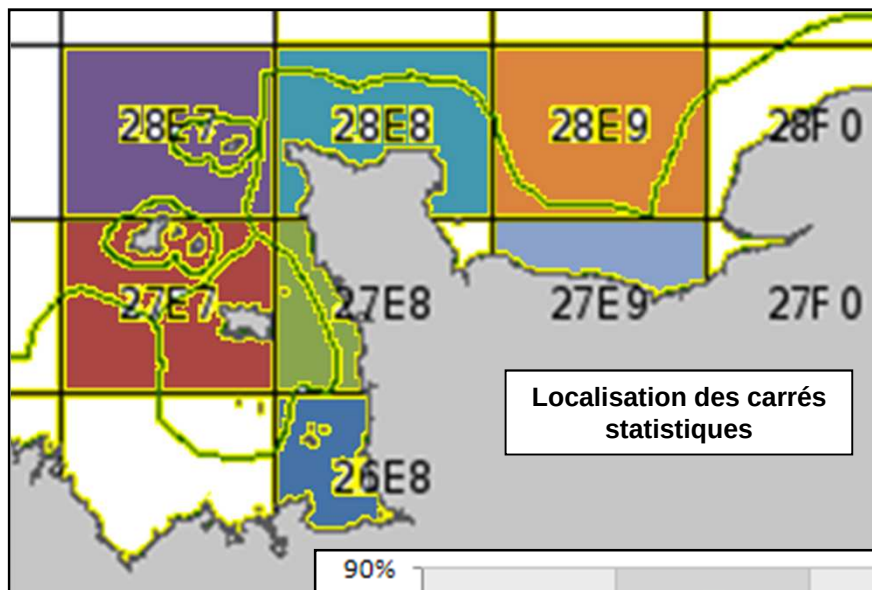
Pêche : réglementation de la pêche au chalut

20

Principales zones de pêche des Coquillages Crustacés et Céphalopodes en Basse Normandie



Source: IFREMER



Source : d'après IFREMER - SIH

SOGREAH
GROUPE ARTELIA

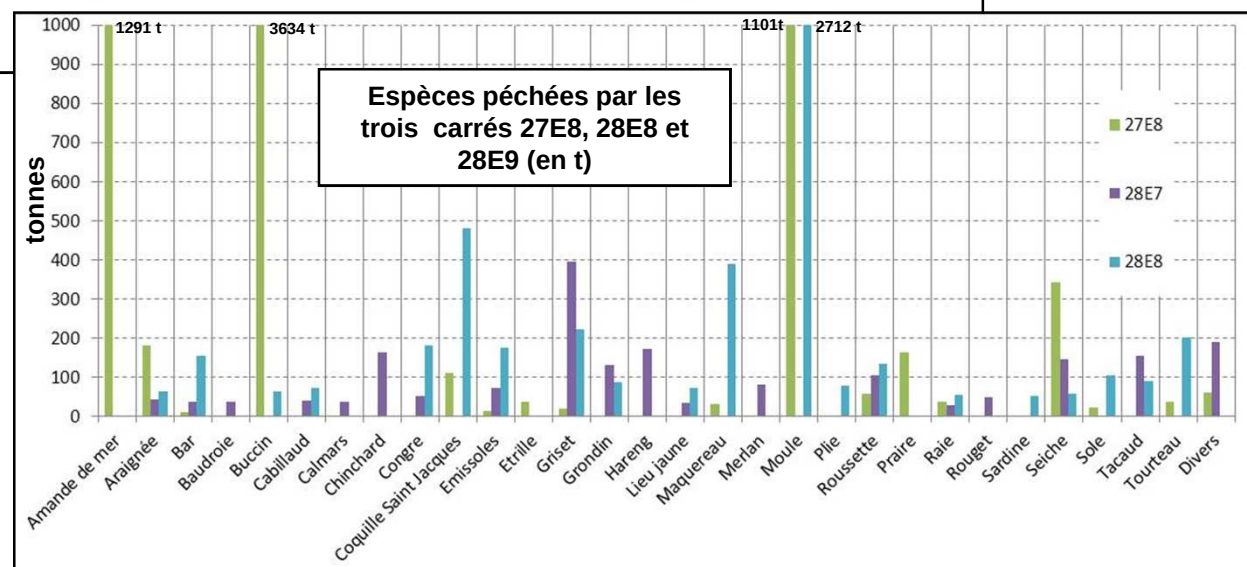
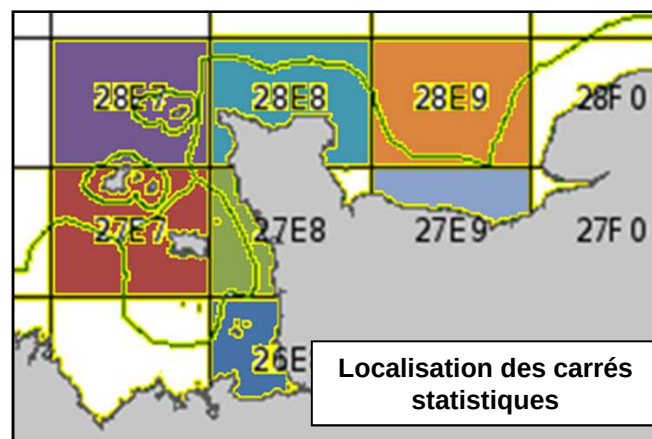
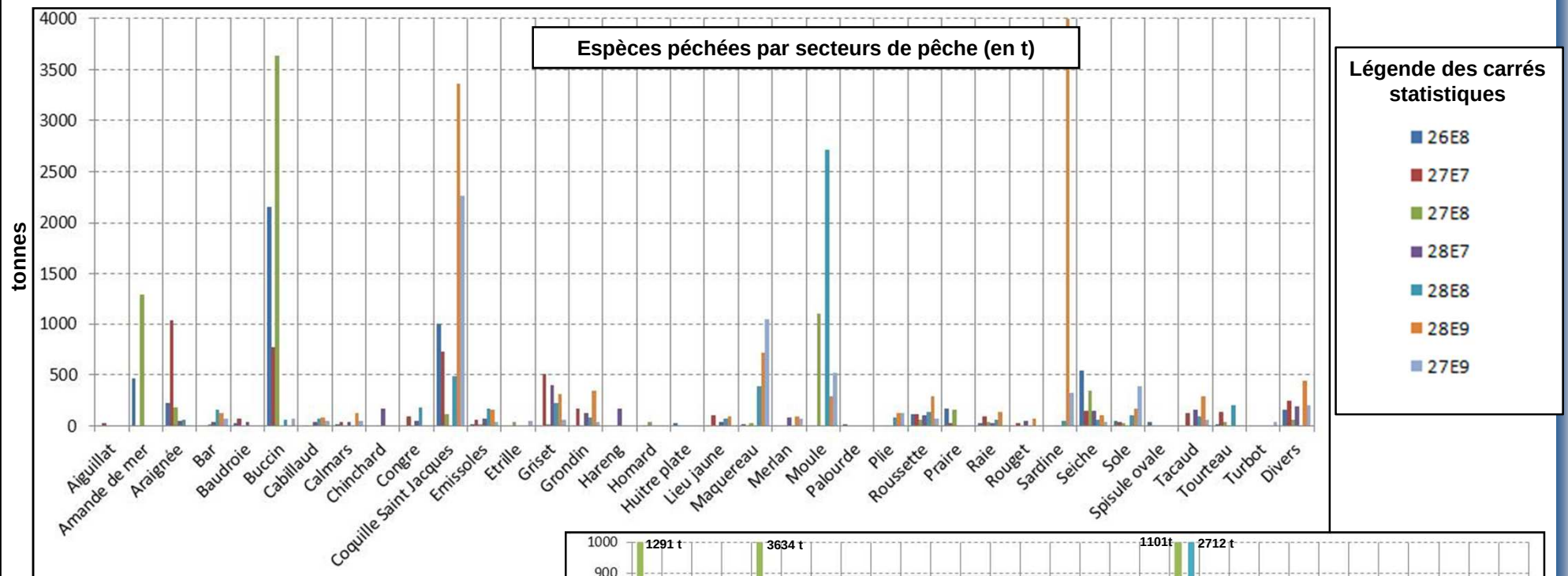


Détermination du potentiel hydrolén en Basse-Normandie

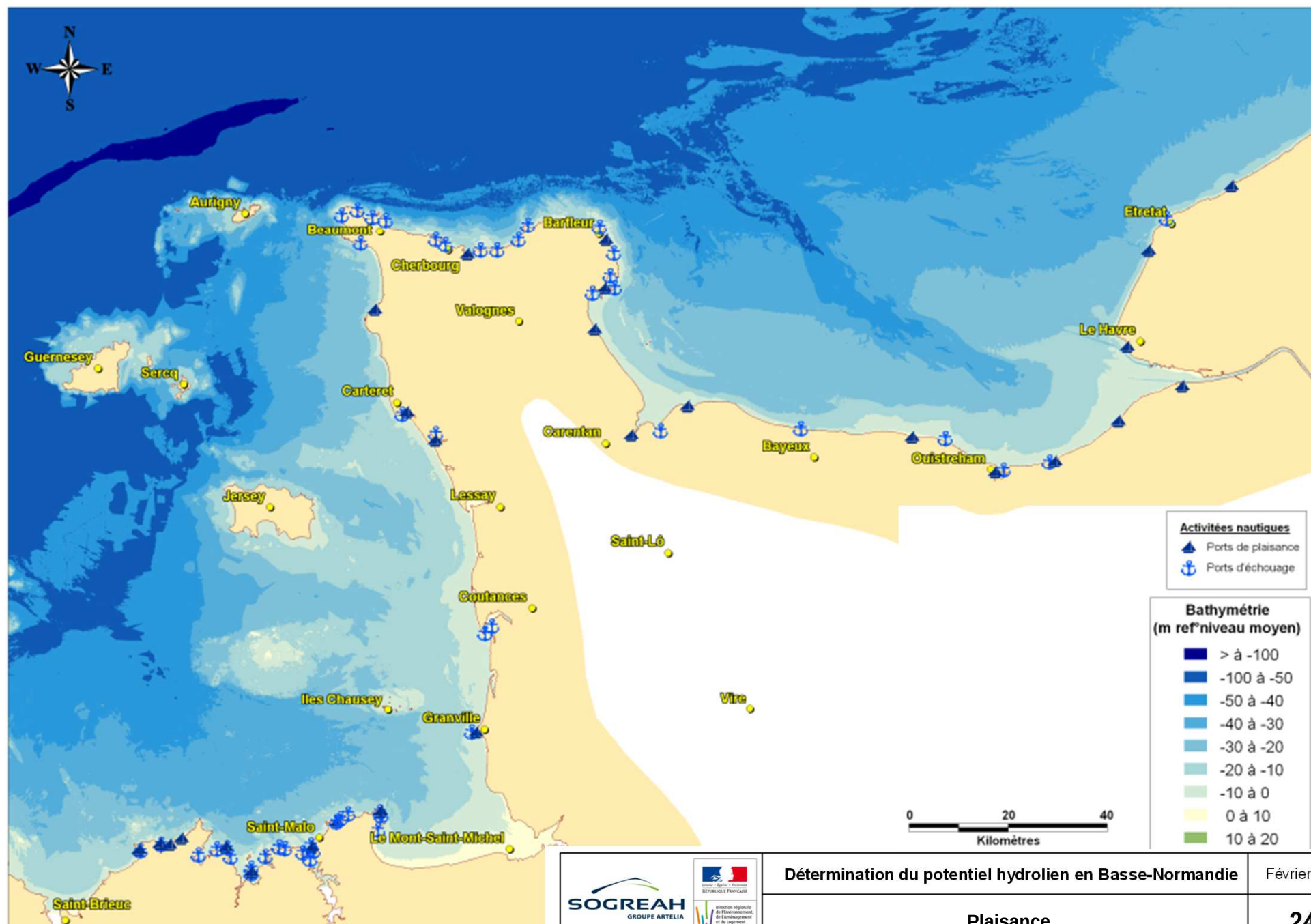
Février 2012

Métiers pratiqués par secteurs de pêche

22



Source : d'après IFREMER - SIH



Source: d'après site internet et IGN

SOGREAH
GROUPE ARTELIA

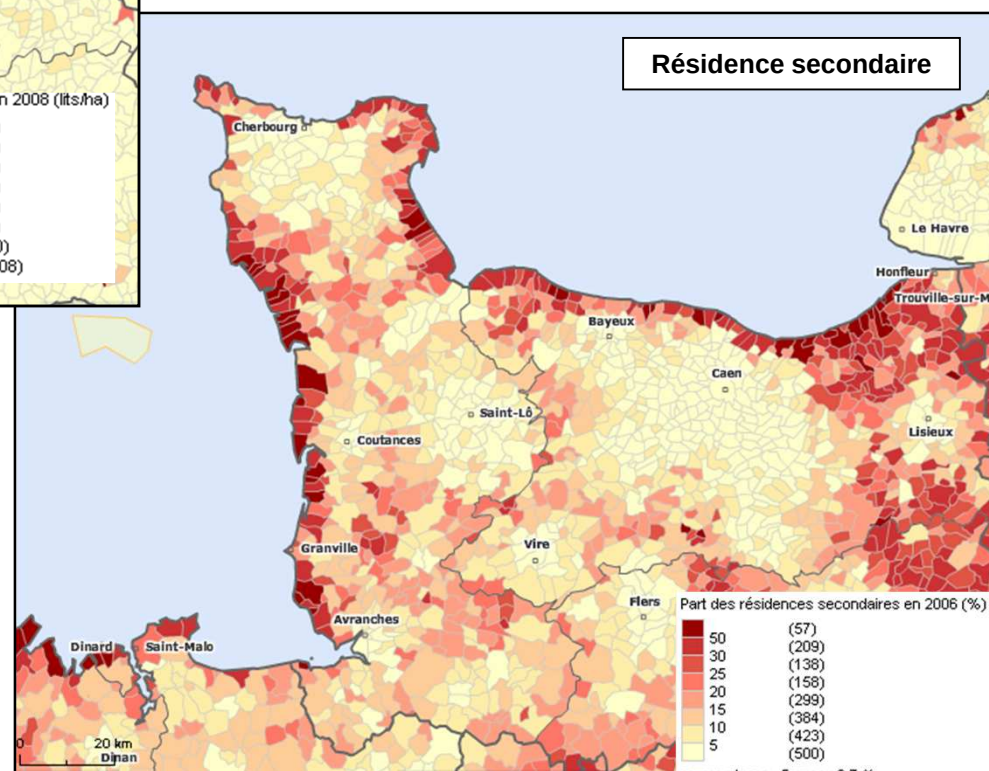
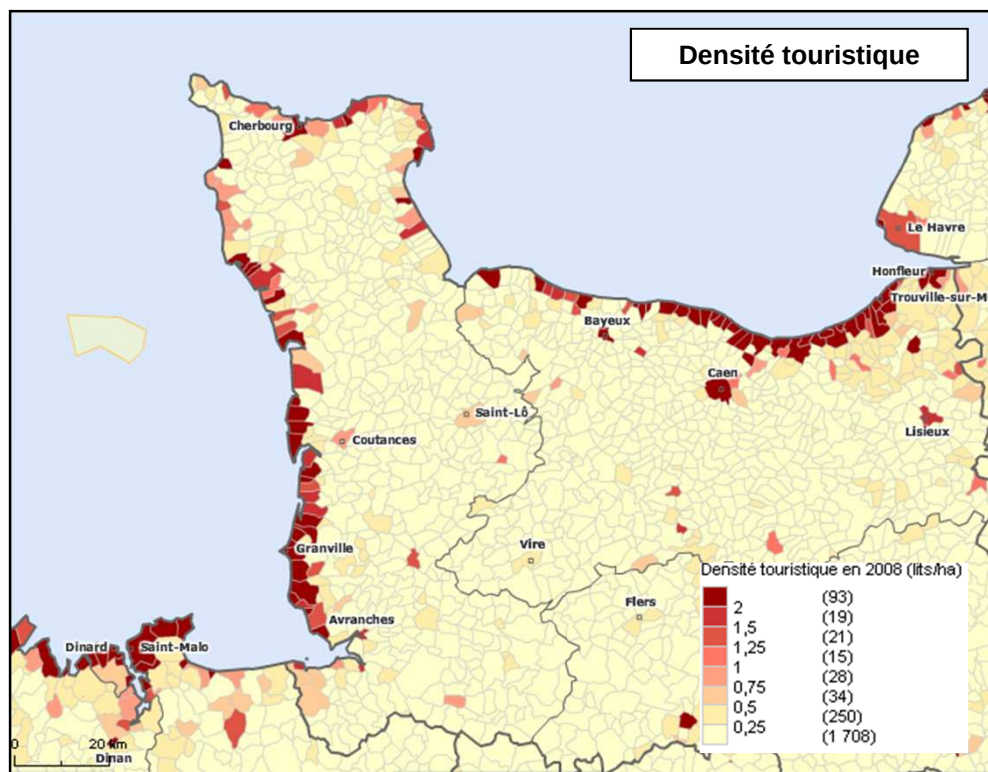


Détermination du potentiel hydrolén en Basse-Normandie

Février 2012

Plaisance

24



Source : IFEN

SOGREAH
GROUPE ARTELIA

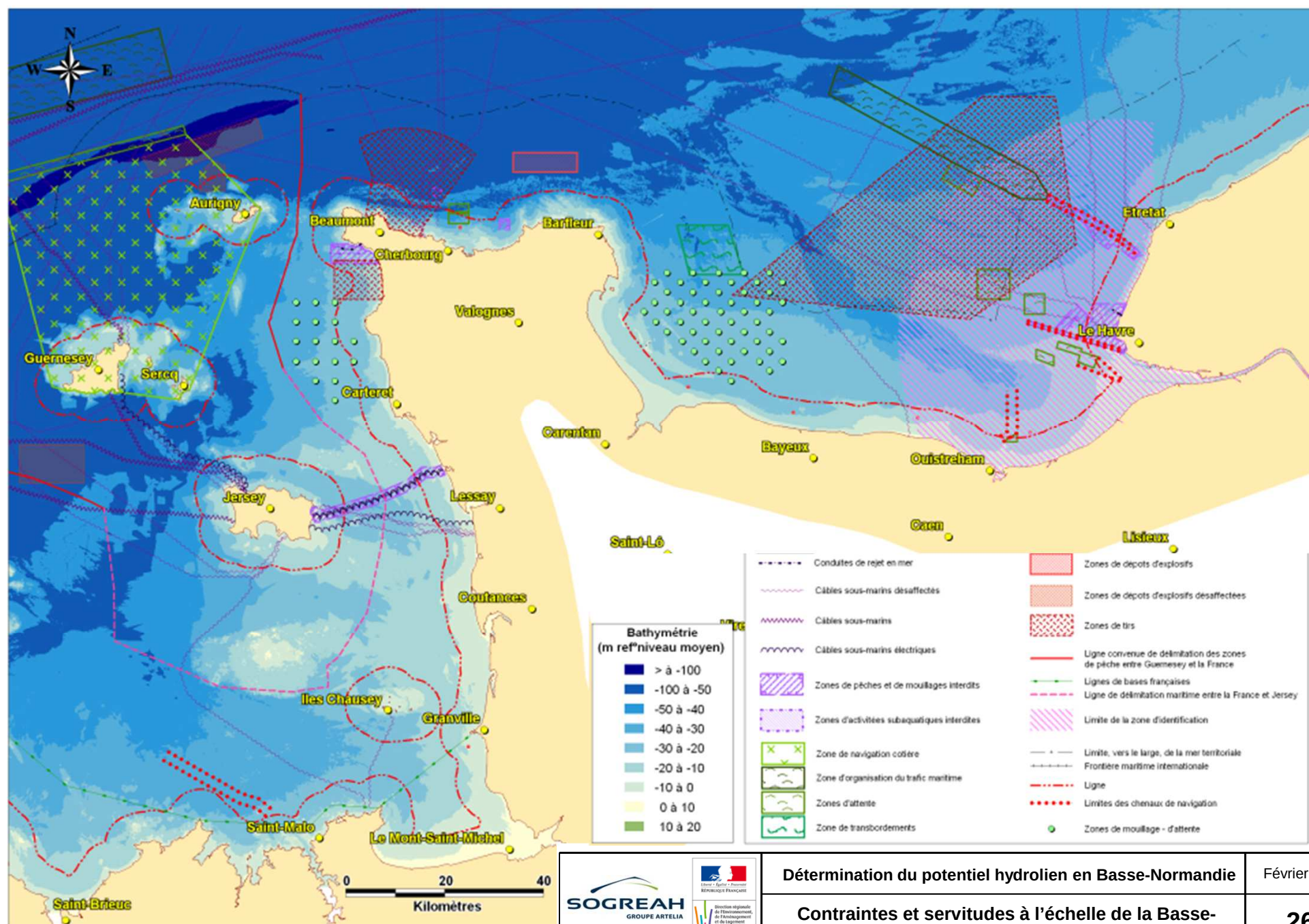


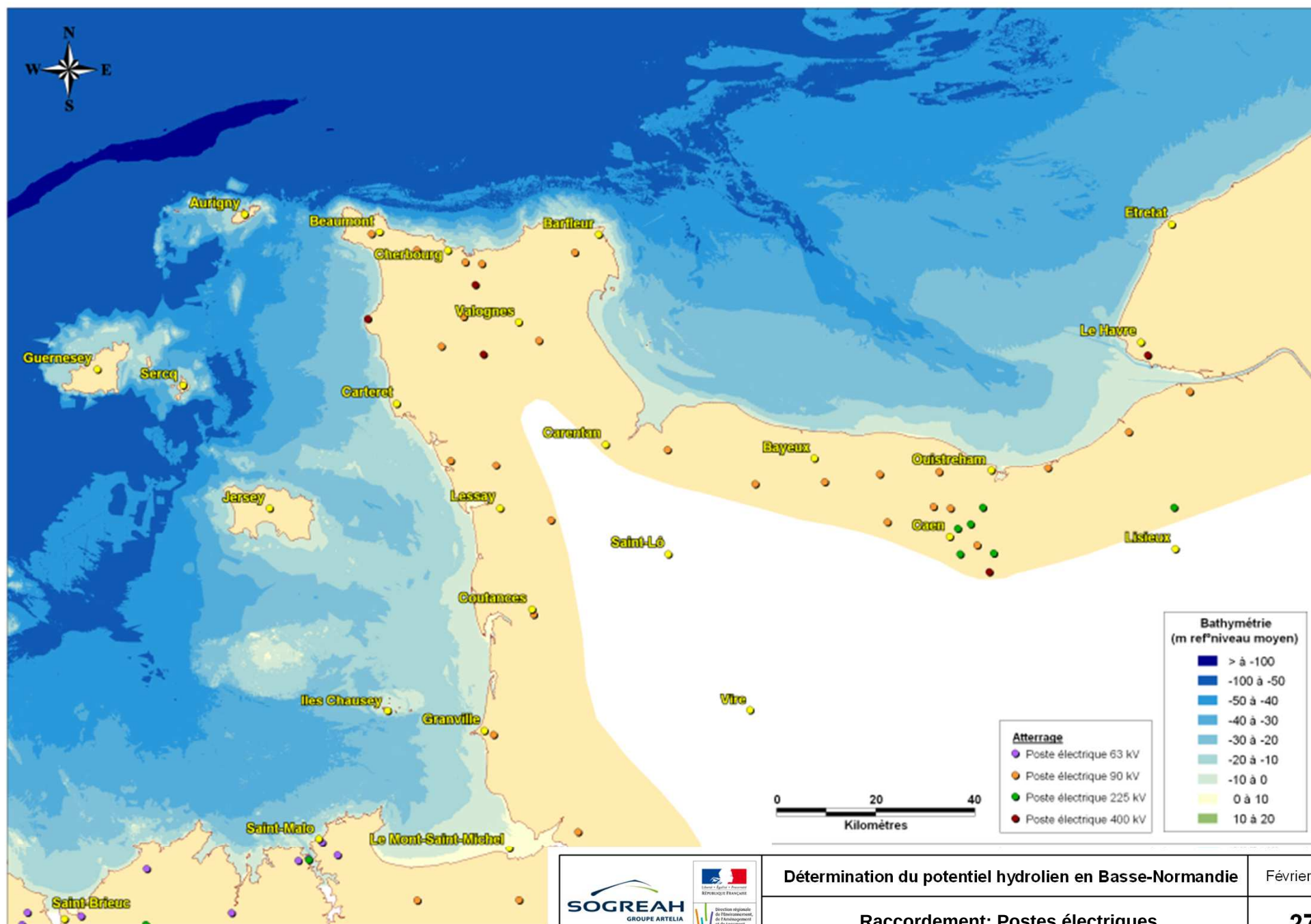
Détermination du potentiel hydroléon en Basse-Normandie

Février 2012

Tourisme : densité du tourisme en Basse-Normandie

25





Source : d'après données RTE

SOGREAH
GROUPE ARTELIA

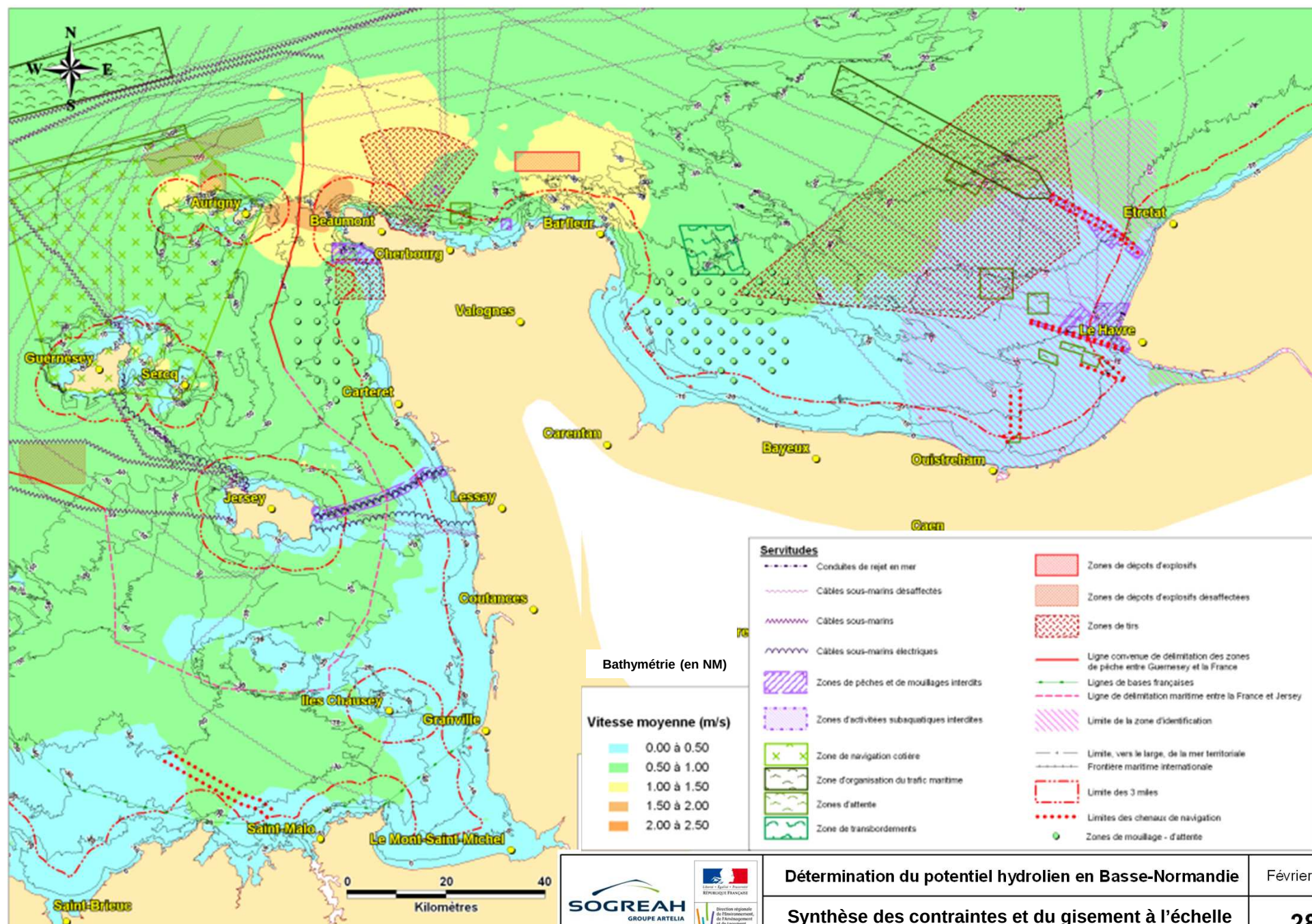


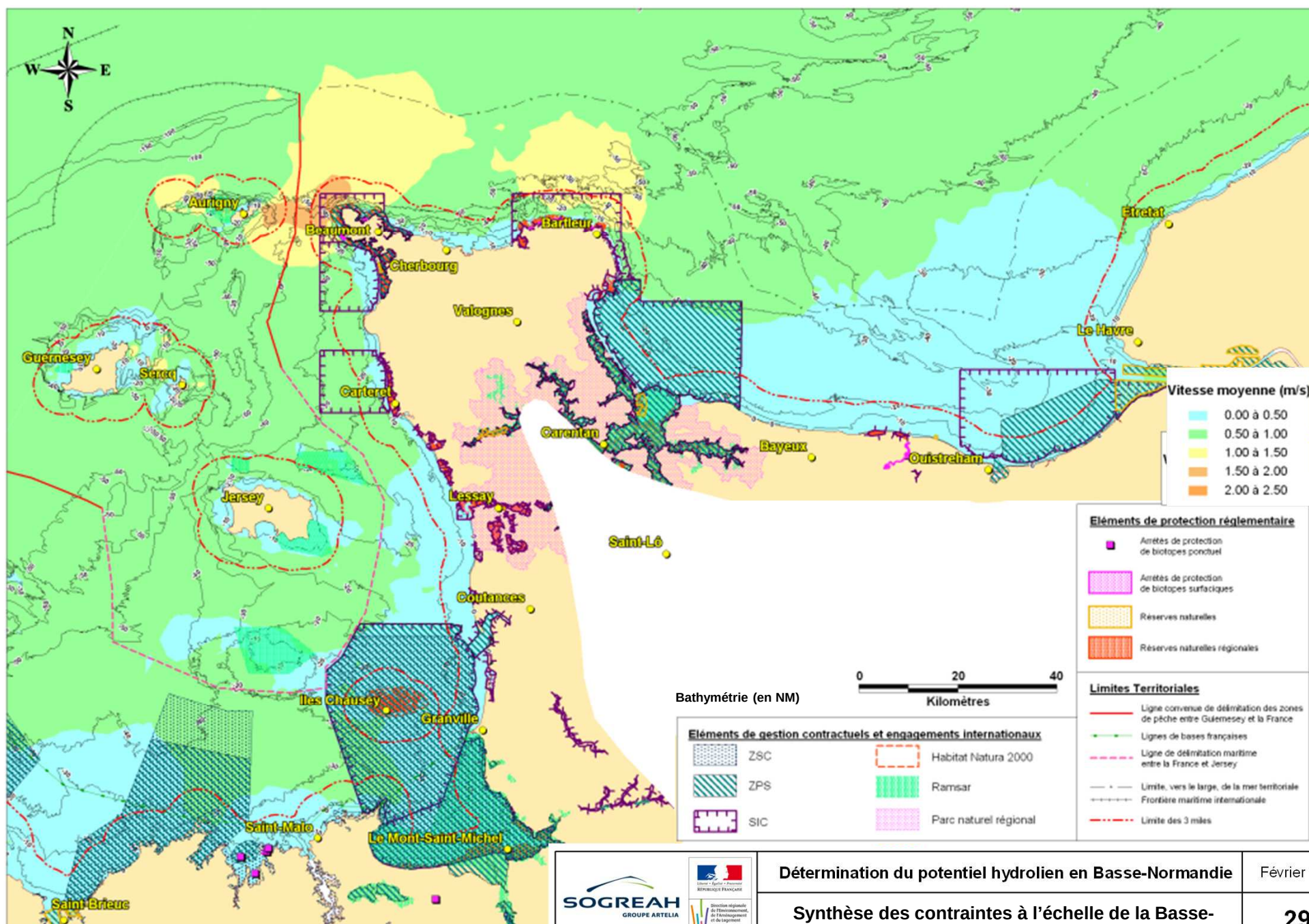
Détermination du potentiel hydroléon en Basse-Normandie

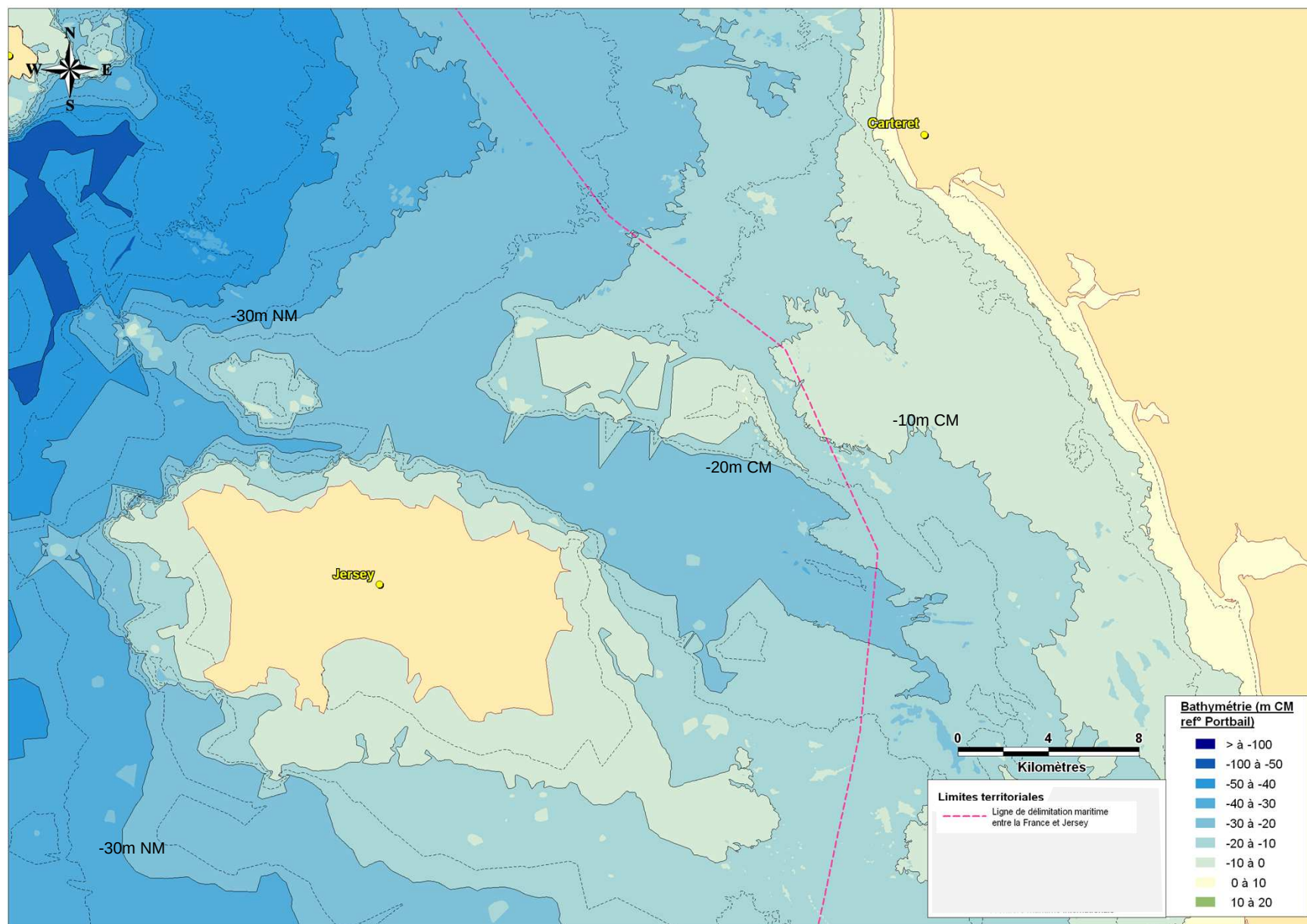
Février 2012

Raccordement: Postes électriques

27







Source : SHOM

SOGREAH
GROUPE ARTELIA

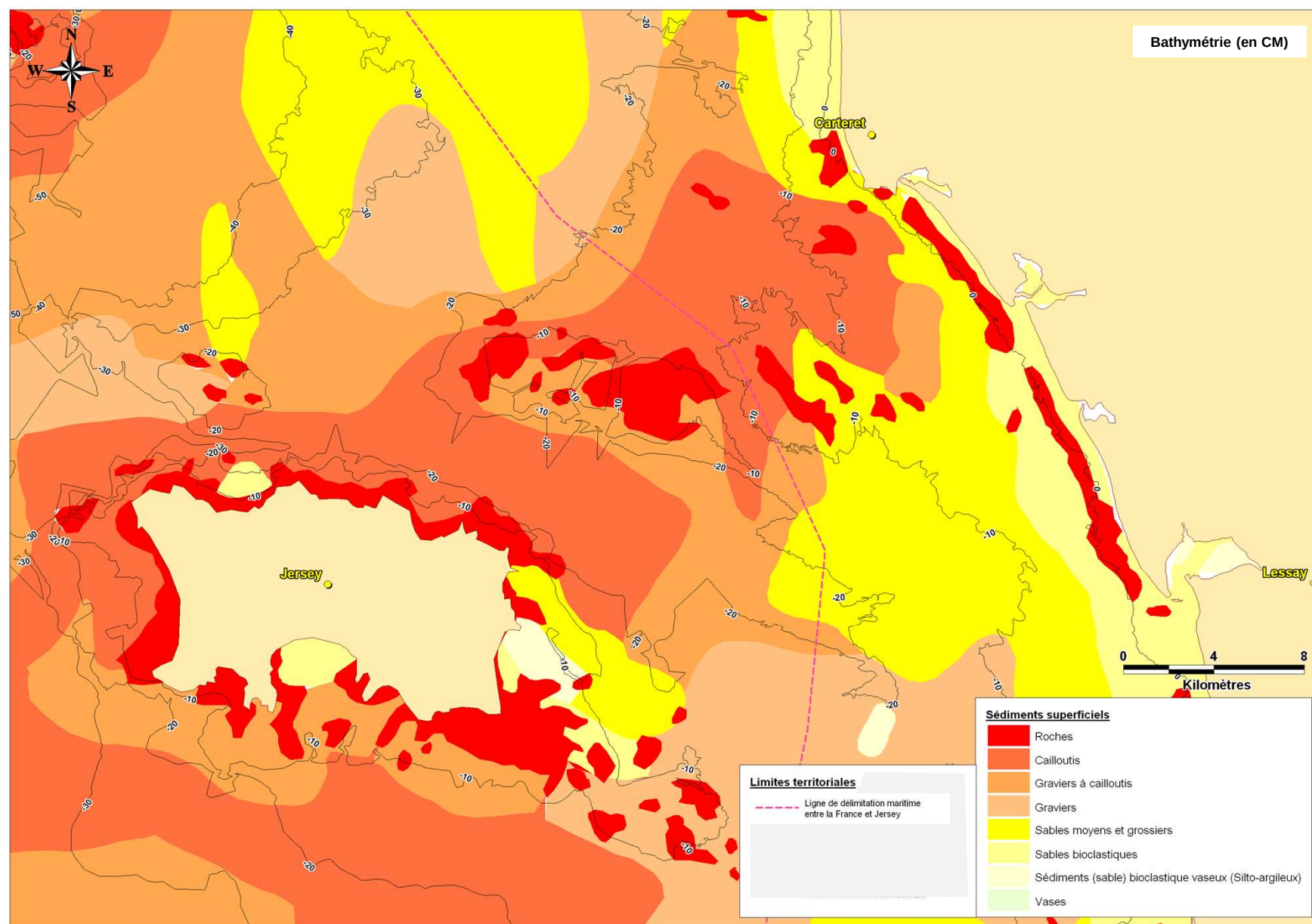


Détermination du potentiel hydrolien en Basse-Normandie

Février 2012

Zoom « Passage de la Déroute » : Bathymétrie

30



Source : d'après données BRGM

SOGREAH
GROUPE ARTELIA

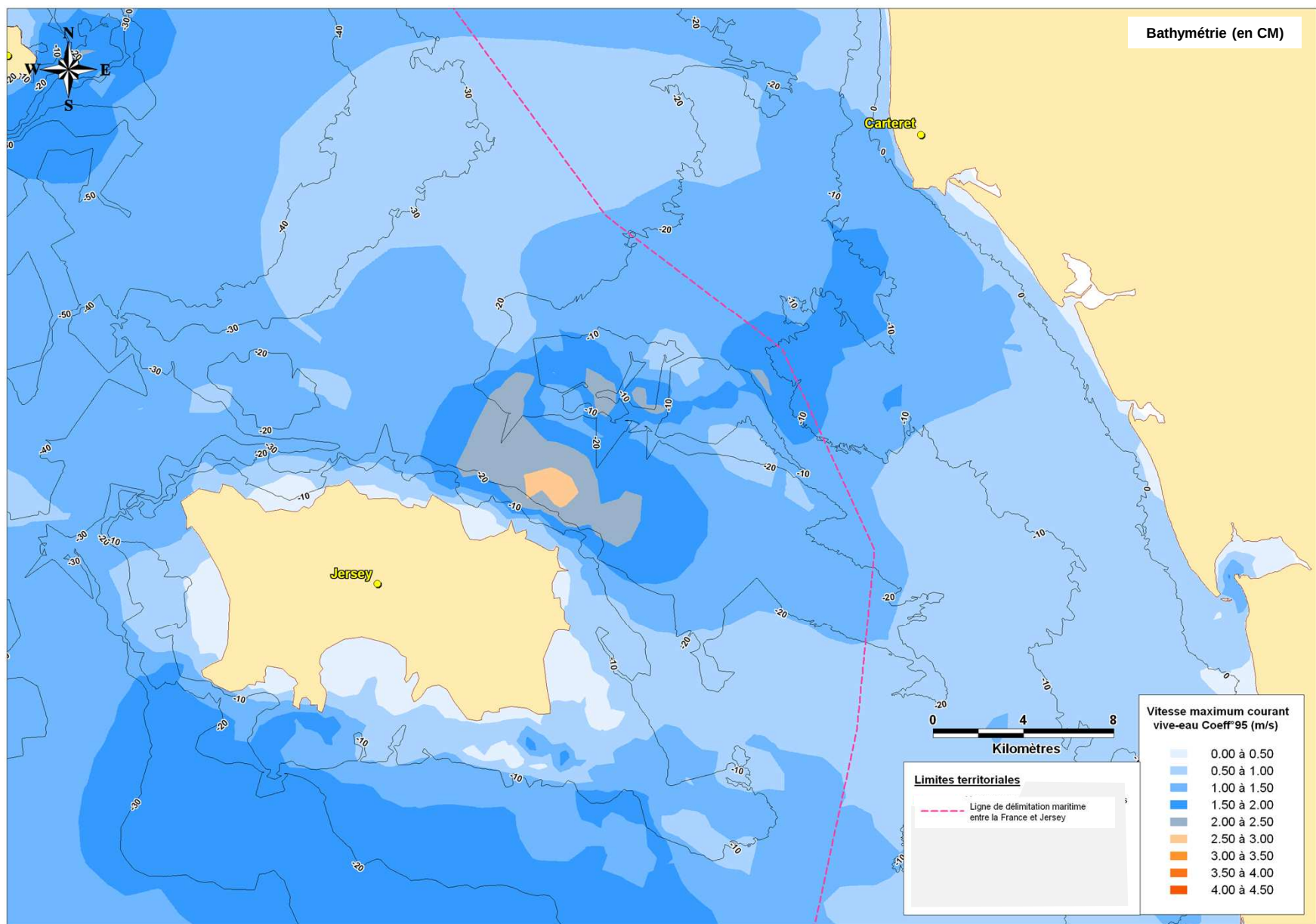


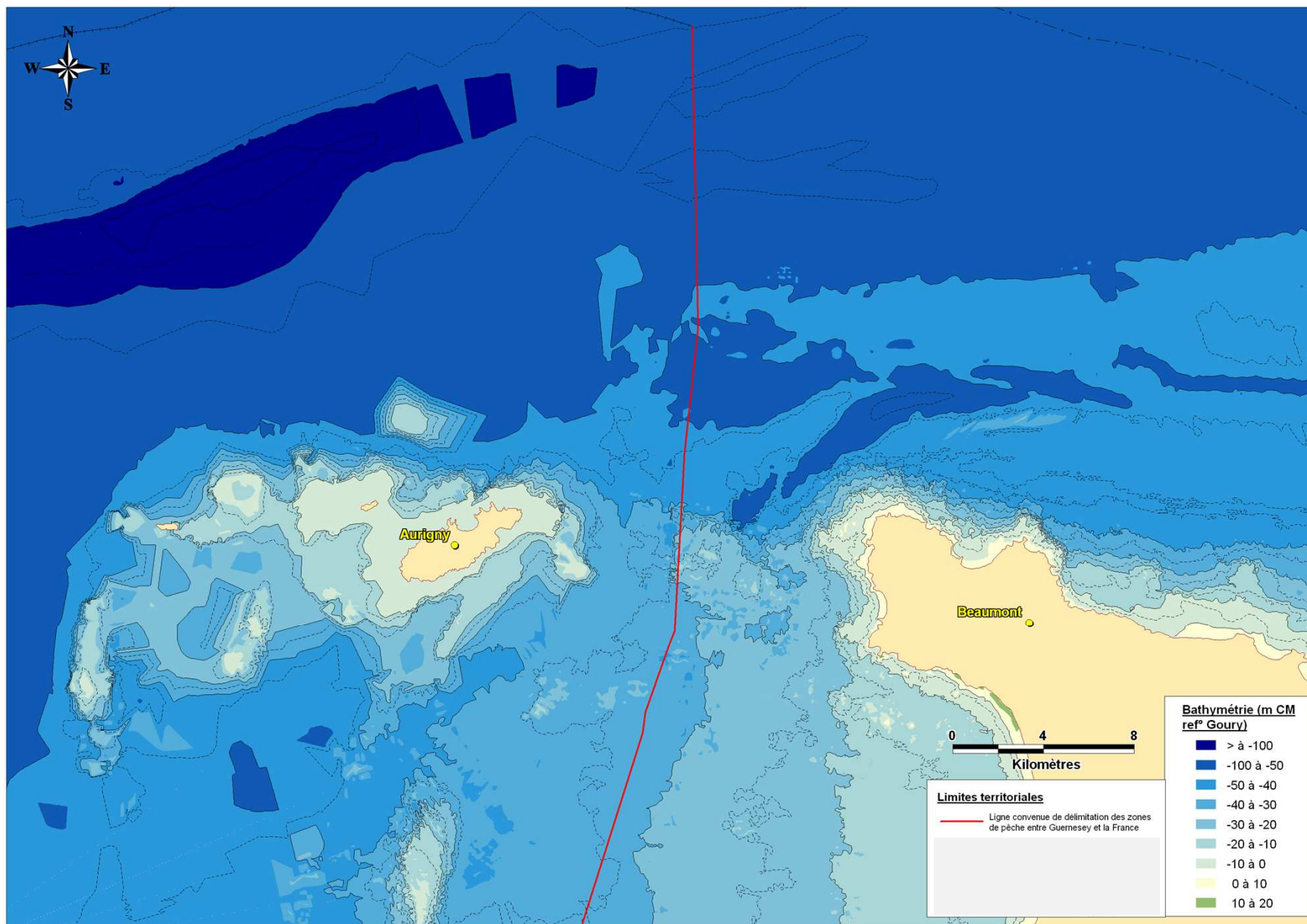
Détermination du potentiel hydrolien en Basse-Normandie

Février 2012

Zoom « Passage de la Déroute » : Couverture sédimentaire

31





Source : SHOM

SOGREAH
GROUPE ARTELIA

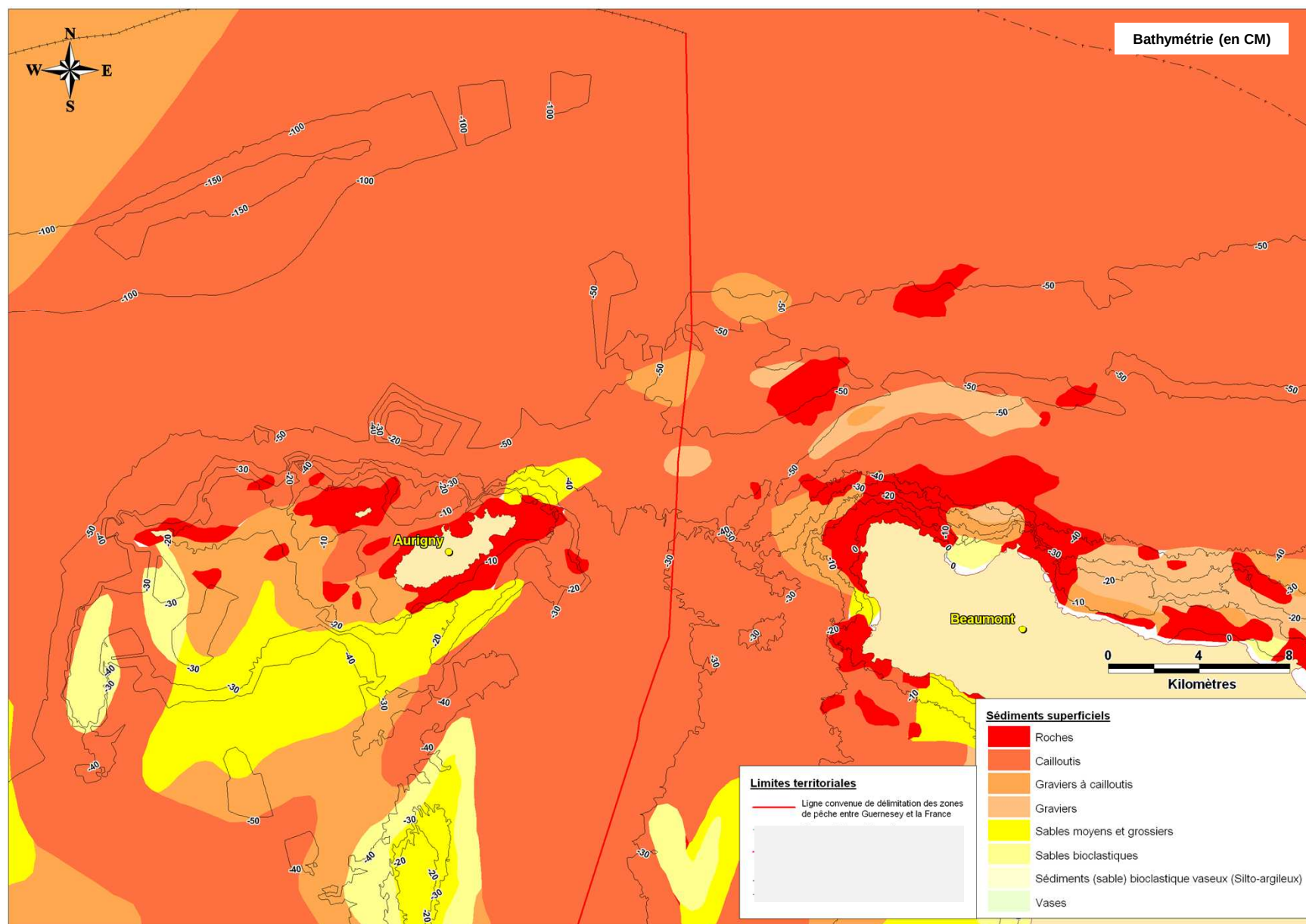


Détermination du potentiel hydrolén en Basse-Normandie

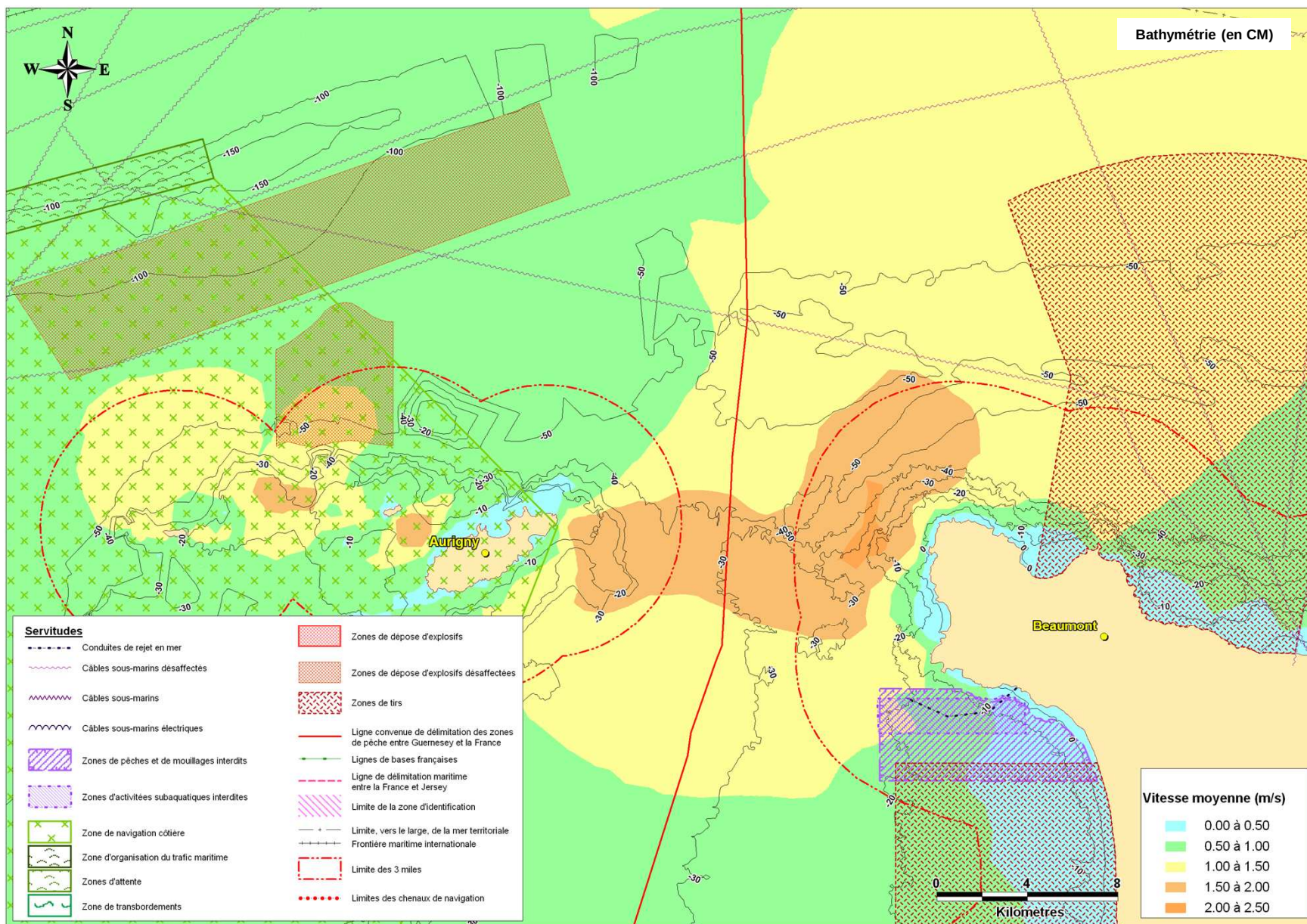
Février 2012

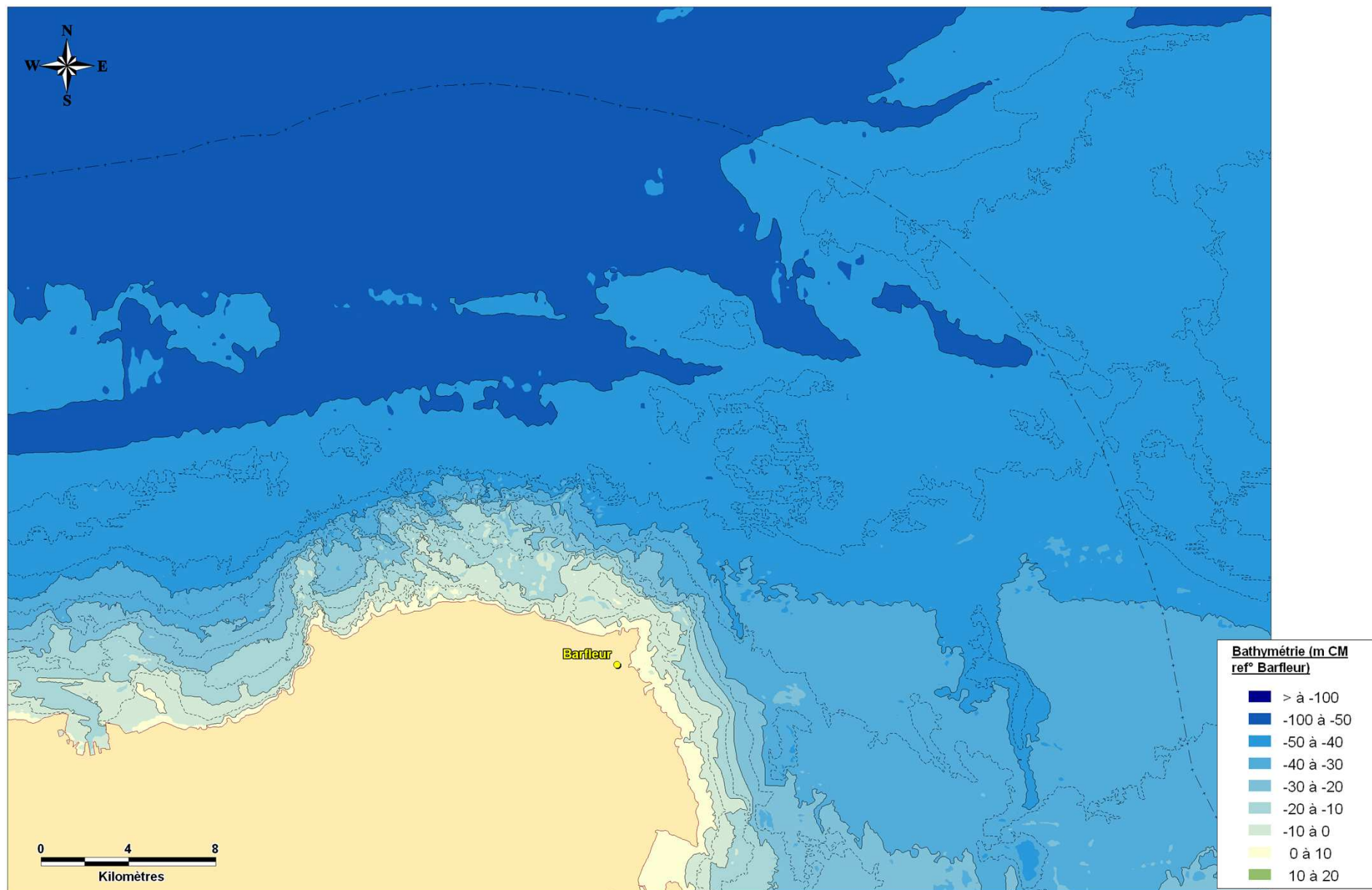
Zoom « Raz Blanchard » : Bathymétrie

34



Source : d'après données BRGM





Source : SHOM

SOGREAH
GROUPE ARTELIA

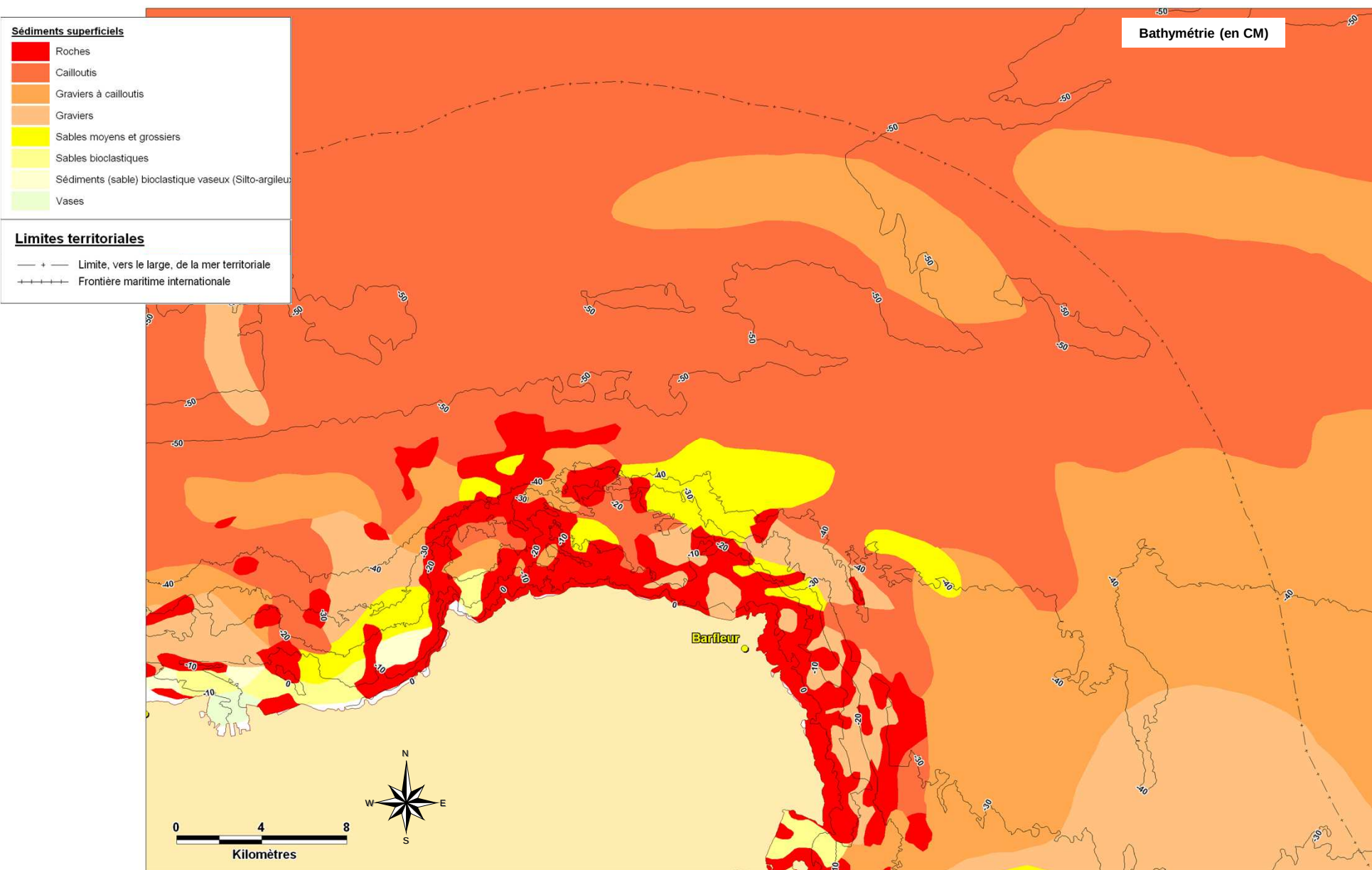


Détermination du potentiel hydrolén en Basse-Normandie

Février 2012

Zoom « Raz de Barfleur » : Bathymétrie

38



Source : d'après données BRGM

SOGREAH
GROUPE ARTELIA

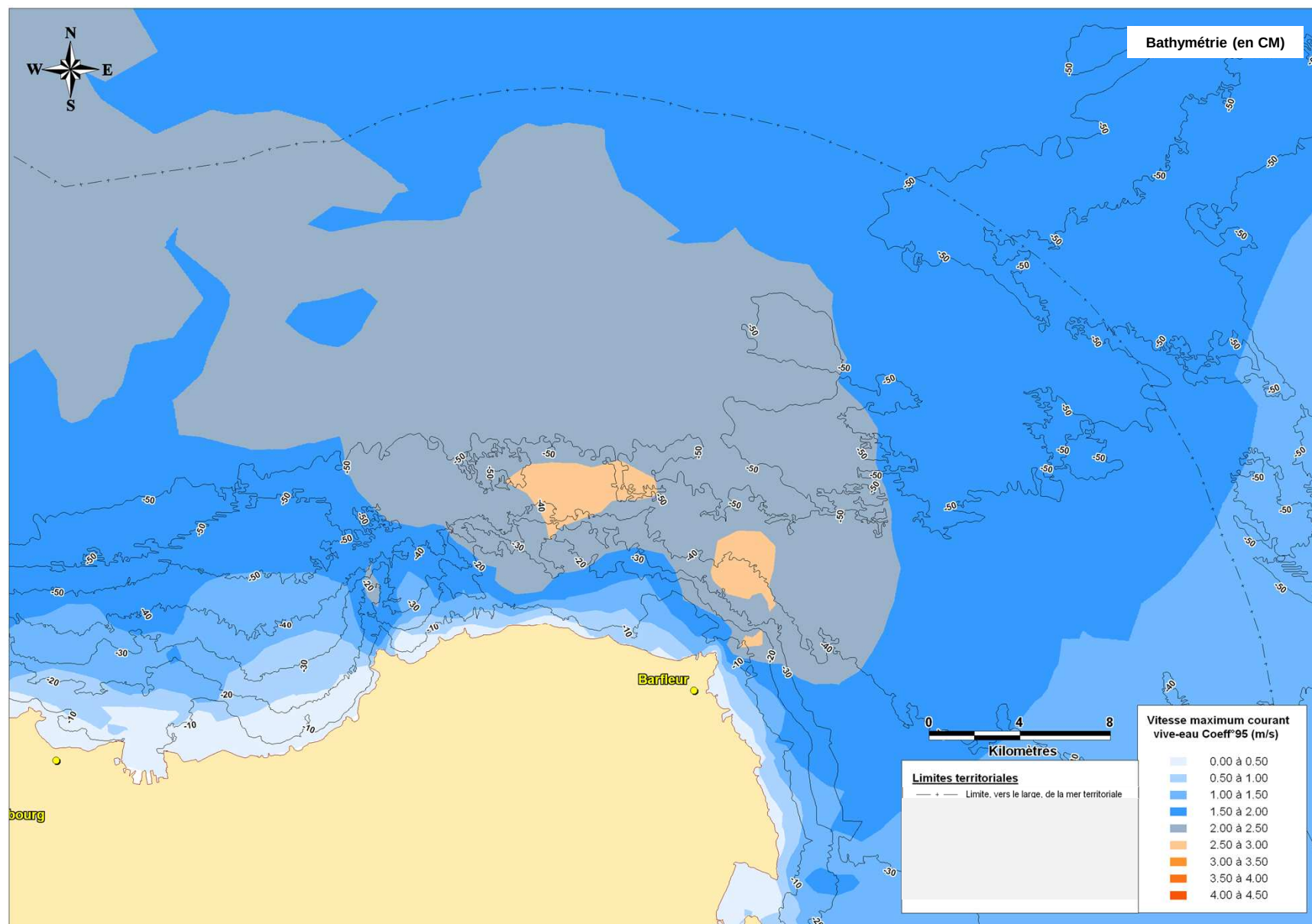


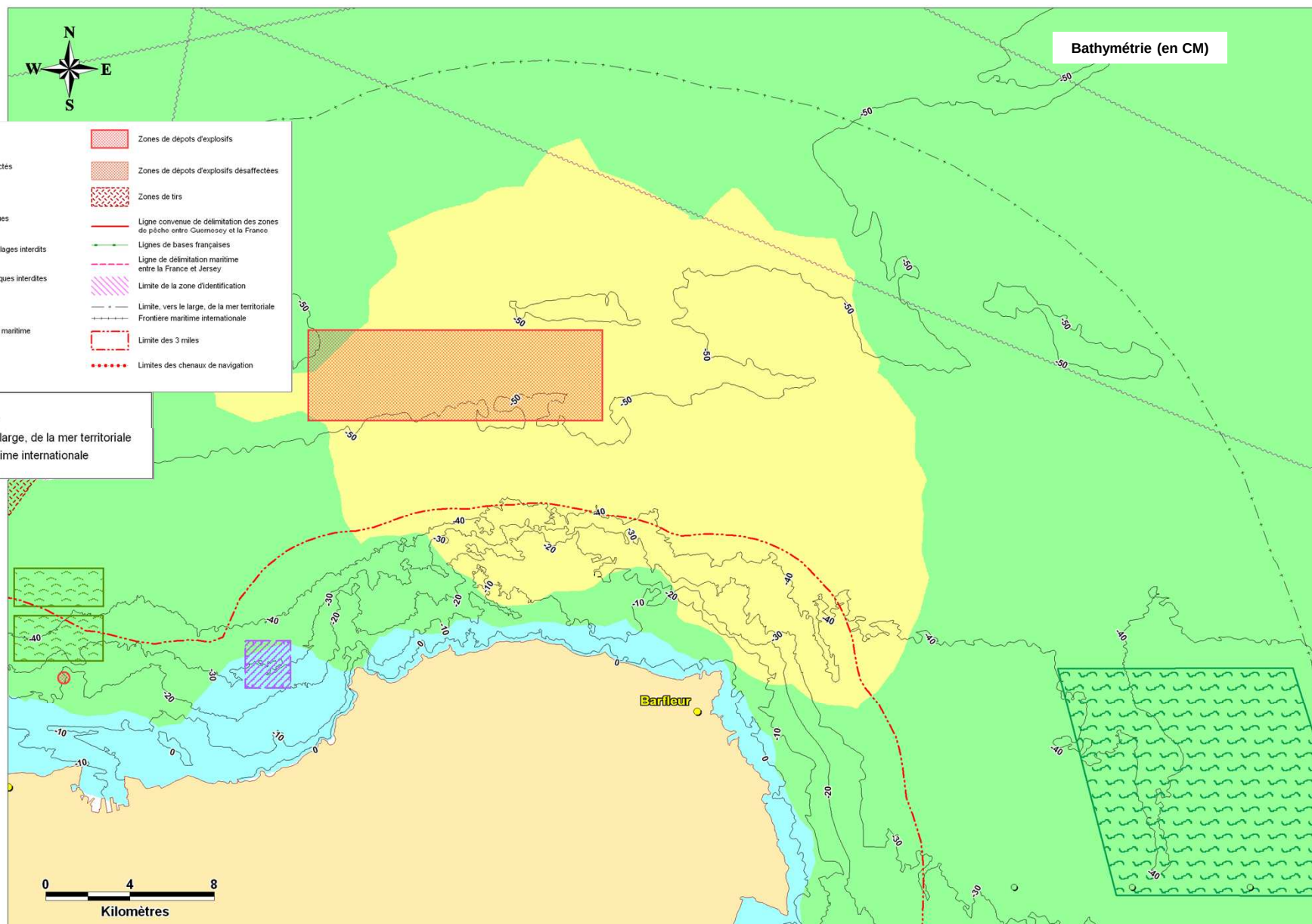
Détermination du potentiel hydrolien en Basse-Normandie

Février 2012

Zoom «Raz de Barfleur » : Couverture sédimentaire

39



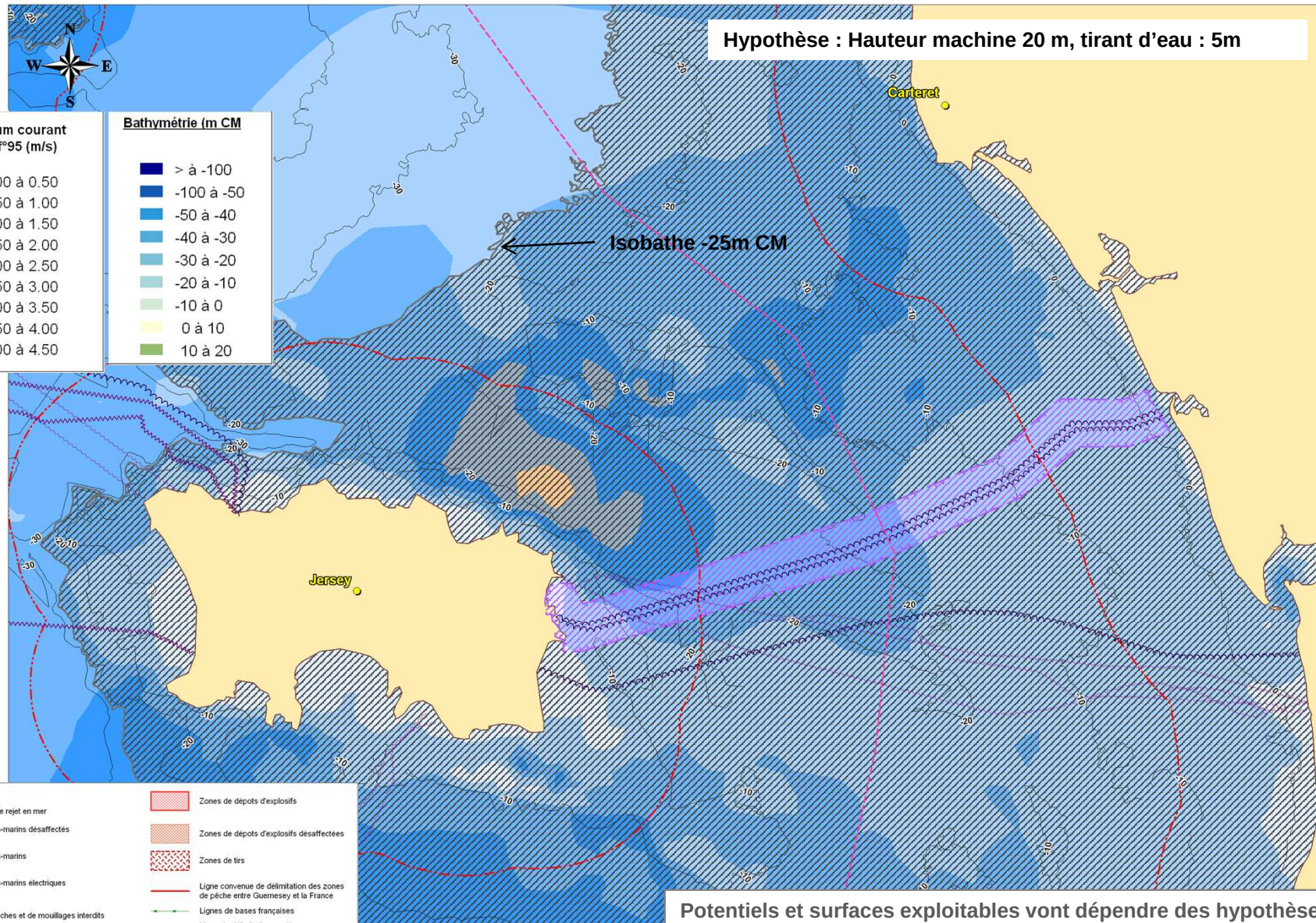
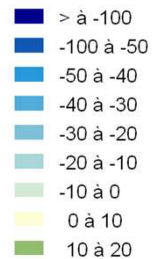


Hypothèse : Hauteur machine 20 m, tirant d'eau : 5m

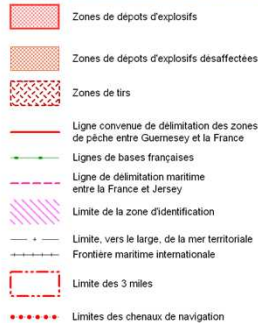
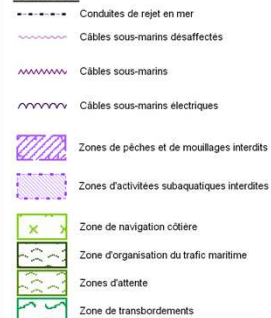
Vitesse maximum courant
vive-eau Coeff°95 (m/s)



Bathymétrie (m CM)



Servitudes



Potentiels et surfaces exploitables vont dépendre des hypothèses retenues en termes de tirant d'eau

SOGREAH
GROUPE ARTELIA



Détermination du potentiel hydrolien en Basse-Normandie

Février 2012

Zoom « Passage de la Déroute » : test de sensibilité
– isobathe -25m CM

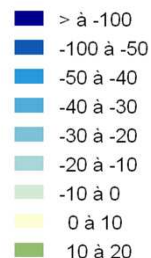
42

Hypothèse : Hauteur machine 20 m, tirant d'eau : 10m

Vitesse maximum courant
vive-eau Coeff°95 (m/s)



Bathymétrie (m CM)



Isobathe -30m CM

Servitudes



Potentiels et surfaces exploitables vont dépendre des hypothèses retenues en termes de tirant d'eau

SOGREAH
GROUPE ARTELIA



Détermination du potentiel hydrolien en Basse-Normandie

Février 2012

Zoom « Passage de la Déroute » : test de sensibilité
– isobathe -30m CM

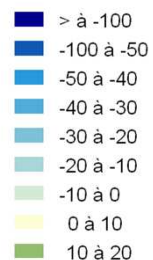
43

Hypothèse : Hauteur machine 20 m, tirant d'eau : 15m

Vitesse maximum courant
vive-eau Coeff⁹⁵ (m/s)



Bathymétrie (m CM)



Isobathe -35m CM

Servitudes



Potentiels et surfaces exploitables vont dépendre des hypothèses retenues en termes de tirant d'eau

SOGREAH
GROUPE ARTELIA



Détermination du potentiel hydrolien en Basse-Normandie

Février 2012

Zoom « Passage de la Déroute » : test de sensibilité
– isobathe -35m CM

44

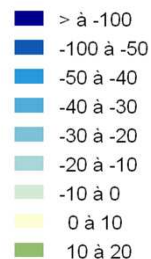
Hypothèse : Hauteur machine 20 m, tirant d'eau : 5m



Vitesse maximum courant
vive-eau Coeff⁹⁵ (m/s)



Bathymétrie (m CM)



Servitudes

- Conduites de rejet en mer
- Câbles sous-marins désaffectés
- Câbles sous-marins
- Câbles sous-marins électriques
- Zones de pêches et de mouillages interdits
- Zones d'activités subaquatiques interdites
- Zone de navigation côtière
- Zone d'organisation du trafic maritime
- Zones d'attente
- Zone de transbordements

- Zones de dépôts d'explosifs
- Zones de dépôts d'explosifs désaffectés
- Zones de tirs
- Ligne convenue de délimitation des zones de pêche entre Guernesey et la France
- Lignes de bases françaises
- Ligne de délimitation maritime entre la France et Jersey
- Limite de la zone d'identification
- Limite, vers le large, de la mer territoriale
- Frontière maritime internationale
- Limite des 3 milles
- Limites des chenaux de navigation

Isobathe -25m CM

Beaumont

Potentiels et surfaces exploitables vont dépendre des hypothèses retenues en termes de tirant d'eau

SOGREAH
GROUPE ARTELIA



Détermination du potentiel hydrolien en Basse-Normandie

Février 2012

Zoom « Raz Blanchard » : test de sensibilité –
isobathe -25m CM

45

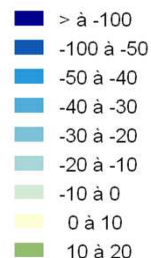
Hypothèse : Hauteur machine 20 m, tirant d'eau : 10m



Vitesse maximum courant
vive-eau Coeff⁹⁵ (m/s)



Bathymétrie (m CM)



Servitudes

- Conductes de rejet en mer
- Câbles sous-marins désaffectés
- Câbles sous-marins
- Câbles sous-marins électriques
- Zones de pêches et de mouillages interdits
- Zones d'activités subaquatiques interdites
- Zone de navigation côtière
- Zone d'organisation du trafic maritime
- Zones d'attente
- Zone de transbordements

- Zones de dépôts d'explosifs
- Zones de dépôts d'explosifs désaffectés
- Zones de tirs
- Ligne convenue de délimitation des zones de pêche entre Guernesey et la France
- Lignes de bases françaises
- Ligne de délimitation maritime entre la France et Jersey
- Limite de la zone d'identification
- Limite, vers le large, de la mer territoriale
- Frontière maritime internationale
- Limite des 3 milles
- Limites des chenaux de navigation

Isobathe -30m CM

Beaumont

Potentiels et surfaces exploitables vont dépendre des hypothèses retenues en termes de tirant d'eau

SOGREAH
GROUPE ARTELIA



Détermination du potentiel hydrolien en Basse-Normandie

Février 2012

Zoom « Raz Blanchard » : test de sensibilité –
isobathe -30m CM

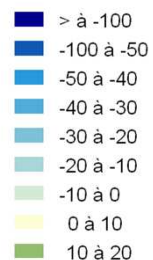
46



Vitesse maximum courant
vive-eau Coeff⁹⁵ (m/s)



Bathymétrie (m CM)



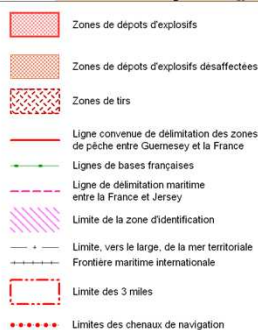
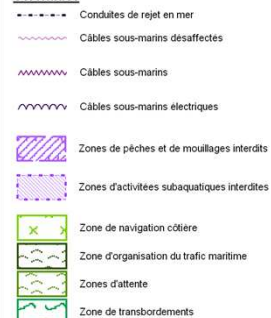
Hypothèse : Hauteur machine 20 m, tirant d'eau : 15m

Isobathe -35m CM

Beaumont



Servitudes



Potentiels et surfaces exploitables vont dépendre des hypothèses retenues en termes de tirant d'eau

SOGREAH
GROUPE ARTELIA



Détermination du potentiel hydrolien en Basse-Normandie

Février 2012

Zoom « Raz Blanchard » : test de sensibilité –
isobathe -35m CM

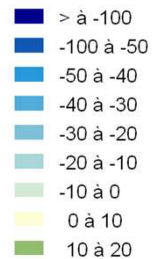
47

Hypothèse : Hauteur machine 20 m, tirant d'eau : 5m

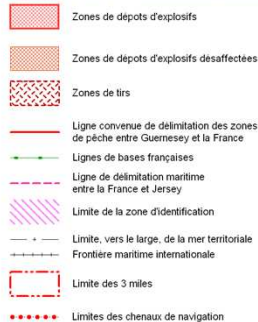
Vitesse maximum courant
vive-eau Coeff⁹⁵ (m/s)



Bathymétrie (m CM)



Servitudes



0 4 8
Kilomètres

Isobathe -25m CM

Potentiels et surfaces exploitables vont dépendre des hypothèses retenues en termes de tirant d'eau

SOGREAH
GROUPE ARTELIA



Détermination du potentiel hydrolien en Basse-Normandie

Février 2012

Zoom « Raz de Barfleur » : test de sensibilité –
isobathe -25m CM

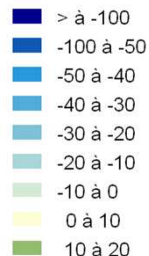
48

Hypothèse : Hauteur machine 20 m, tirant d'eau : 10m

Vitesse maximum courant
vive-eau Coeff⁹⁵ (m/s)



Bathymétrie (m CM)



Isobathe -30m CM

Barfleur

Servitudes



0 4 8
Kilomètres

Potentiels et surfaces exploitables vont dépendre des hypothèses retenues en termes de tirant d'eau

SOGREAH
GROUPE ARTELIA



Détermination du potentiel hydrolien en Basse-Normandie

Février 2012

Zoom « Raz de Barfleur » : test de sensibilité –
isobathe -30m CM

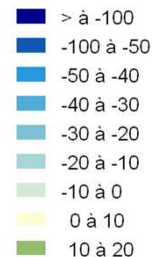
49

Hypothèse : Hauteur machine 20 m, tirant d'eau : 15m

Vitesse maximum courant
vive-eau Coeff°95 (m/s)



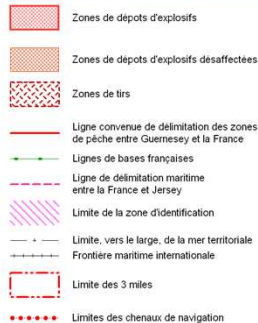
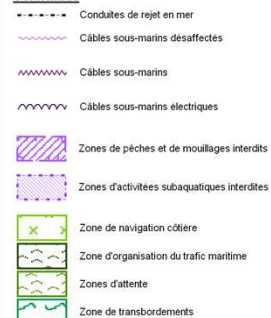
Bathymétrie (m CM)



Isobathe -35m CM

Potentiels et surfaces exploitables vont dépendre des hypothèses retenues en termes de tirant d'eau

Servitudes



0 4 8
Kilomètres

SOGREAH
GROUPE ARTELIA



Détermination du potentiel hydrolien en Basse-Normandie

Février 2012

Zoom « Raz de Barfleur » : test de sensibilité –
isobathe -35m CM

50

**DETERMINATION DU POTENTIEL HYDROLIEN
EN BASSE-NORMANDIE**

LISTING DES CONNAISSANCES A ACQUERIR

NOTE FINALE

FEVRIER 2012

N°171 3186

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION.....	2
2. INVESTIGATIONS IN SITU COMPLEMENTAIRES	3
2.1. INVESTIGATIONS DU MILIEU PHYSIQUE	3
2.1.1. <i>CARTOGRAPHIE MORPHO-BATHYMETRIQUE DES FONDS MARINS ET DU LITTORAL : BATHYMETRIE ET TOPOGRAPHIE.....</i>	<i>4</i>
2.1.2. <i>CARTOGRAPHIE MORPHO-SEDIMENTAIRE DES FONDS DE SURFACE : SONAR LATERAL.....</i>	<i>5</i>
2.1.3. <i>NATURE DES FONDS SUPERFICIELS : PRELEVEMENTS ET ANALYSES DE SEDIMENTS SUPERFICIELS</i>	<i>6</i>
2.1.4. <i>CONNAISSANCE DU SOUS-SOL : MESURES SISMIQUES</i>	<i>7</i>
2.1.5. <i>APPROFONDISSEMENT DE LA CONNAISSANCE HYDRAULIQUE : POSE ET MESURE DE COURANTOMETRES</i>	<i>7</i>
2.2. INVESTIGATIONS SUR LE MILIEU VIVANT	8
2.2.1. <i>CARACTERISATION DU PEUPLEMENT BENTHIQUE.....</i>	<i>8</i>
2.2.2. <i>CARACTERISATION DE LA RESSOURCE ET ACTIVITES HALIEUTIQUES</i>	<i>8</i>
2.2.3. <i>CARACTERISATION DES MAMMIFERES MARINS</i>	<i>9</i>
3. ETUDES COMPLEMENTAIRES	10
3.1. MODELISATION HYDROSEDIMENTAIRE (COURANT, AGITATION, SEDIMENTOLOGIE)	10
3.1.1. <i>COURANTOLOGIE.....</i>	<i>10</i>
3.1.2. <i>AGITATION.....</i>	<i>11</i>
3.2. ETUDE TECHNIQUE	11
3.3. ETUDE PAYSAGERE.....	11
3.4. ETUDES REGLEMENTAIRES	11
3.5. ETUDES DIVERSES	11

LISTE DES ILLUSTRATIONS

Illustration 1 : Sonar multifaisceaux	4
Illustration 2 : Sonar latéral	5
Illustration 3 : Prélèvement des sédiments	6
Illustration 4 : Schéma de principe de sismique réflexion	7

oOo

1.

INTRODUCTION

L'objectif pour la France est d'atteindre 23 % d'énergies renouvelables dans la consommation d'énergie finale à l'horizon 2020. Avec ses zones maritimes de l'ordre de 11 millions de km², la France dispose d'un fort potentiel de développement pour les énergies renouvelables de la mer. On estime ce potentiel 400 MW pour l'énergie hydrolienne.

De nombreux acteurs économiques présents sur le territoire possèdent les compétences et l'expertise pour contribuer au développement de ces ressources marines. Les différentes énergies marines pourraient ainsi représenter environ 3 % de l'objectif à l'horizon 2020.

La Région Basse-Normandie, les acteurs économiques et industriels locaux sont fortement engagés dans le développement de la filière.

Une étude d'opportunité sur la valorisation des éléments et des ressources naturelles pour les éco-énergies en Basse-Normandie réalisée pour le compte de la MIRIADE en février 2010 mettait déjà en avant à la fois l'importance du gisement bas-normand (le Raz Blanchard est le site le plus énergétique au niveau national) et l'intérêt de la filière au niveau local (proximité des ports, compétences pour construction, assemblage des turbines etc ...) est fort.

En septembre 2010, un rapport du Conseil Economique, Social et Environnemental Régional (CESR) « Les Energies Marines Renouvelables (EMR) : Potentialités et perspectives en Basse-Normandie soulignait à nouveau l'intérêt de ce type d'énergie marine sur le domaine marin régional.

Par ailleurs, plusieurs projets privés sont aujourd'hui en développement sur le territoire bas-normand.

Il est donc nécessaire pour les autorités administratives de bien connaître le gisement local qui dépend à la fois du gisement énergétique absolu (puissance des courants de marée) mais également des surfaces disponibles qui peuvent être fortement réduites du fait de contraintes physiques, environnementales ou encore par des contraintes d'usages côtiers et marins. Cela permettra ainsi d'avoir une vision objective et précise des possibilités locales.

Dans ce cadre, la DREAL Basse-Normandie a lancé une étude visant à définir le potentiel précis sur la zone régionale et déterminer les zones potentielles d'implantation.

L'objectif de cette étude est :

- De faire une synthèse des données existantes,
- D'identifier les sites marins mobilisables pour la production d'énergie et d'évaluer les degrés de contraintes à la mise en œuvre des technologies sur ces sites,
- D'évaluer les capacités maximales et productibles énergétiques mobilisables à court, moyen et long terme,
- De préciser les cadres juridiques et réglementaires de réalisation.

Cette note de contexte présente le listing des investigations et études à réaliser pour la poursuite d'un projet hydrolien.

Le développeur devra calibrer son programme d'étude au regard de son projet et des enjeux de la zone d'étude. Ce programme devra être défini en collaboration avec les Services de l'Etat.

2. INVESTIGATIONS IN SITU COMPLEMENTAIRES

Dans le cadre d'un projet hydrolie, des investigations complémentaires devront être réalisées afin d'approfondir la connaissance du milieu (milieu physique, milieu vivant, usages...) ; ceci pour le dimensionnement des ouvrages et la détermination des incidences du projet.

Les protocoles seront à valider/définir en concertation avec les services de l'Etat.

2.1. INVESTIGATIONS DU MILIEU PHYSIQUE

Ces investigations visent à préciser la connaissance du relief des fonds marins et la nature des sédiments les constituant. Elles sont listées dans le tableau ci-dessous et décrites dans les paragraphes suivants.

Les investigations concernent essentiellement la zone d'implantation des hydroliennes et le tracé du câble en mer.

Tableau 1 : Investigations du milieu physique pouvant être réalisées dans le cadre de la création d'un parc hydrolie

Objectifs	Type de mesures
Cartographie morpho-bathymétrique des fonds marins et du littoral	Bathymétrie Topographie
Cartographie morpho-sédimentaire des fonds de surface	Sonar latéral
Nature des fonds en surface	Prélèvements de sédiments
	Analyses granulométriques
Connaissance du sous-sol	Sismique
	Carottages
Approfondissement de la connaissance hydraulique	Courantomètres ADCP

Les résultats des différentes campagnes de mesures servent également à établir l'état initial pour les études réglementaires.

2.1.1. CARTOGRAPHIE MORPHO-BATHYMETRIQUE DES FONDS MARINS ET DU LITTORAL : BATHYMETRIE ET TOPOGRAPHIE

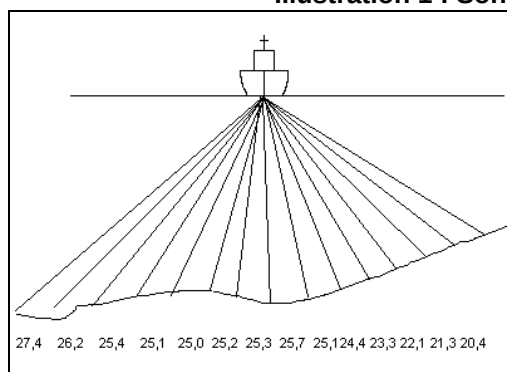
2.1.1.1. BATHYMETRIE

La connaissance de la bathymétrie est un critère fondamental pour deux raisons :

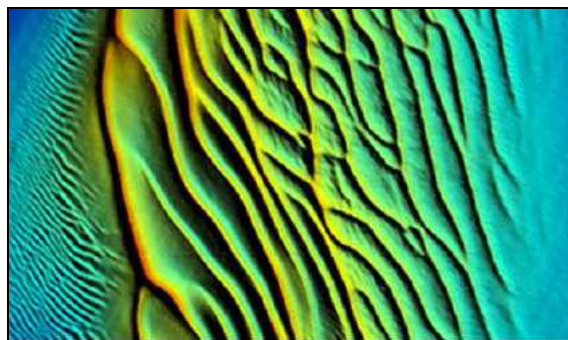
- La cote des fonds doit être suffisante pour :
 - o l'immersion continue de l'hydrolienne,
 - o permettre le passage des bateaux au-dessus des hydroliennes. Par conséquent, couplée aux niveaux d'eau, à la taille des hydroliennes et aux tirants d'eau des navires susceptibles d'emprunter la zone, une profondeur minimale est à respecter,
- La pente des fonds : des pentes locales importantes et/ou des accidents bathymétriques peuvent être rédhibitoires pour l'installation d'hydroliennes. Ces données locales ne pourront être appréciées qu'à partir des mesures bathymétriques fines in situ.

Les mesures bathymétriques s'effectuent principalement par un sondeur multifaisceaux.

Illustration 1 : Sonar multifaisceaux



Principe du sondeur multi-faisceaux



Résultats : Très petits fonds de dunes de sables (zone de 1,2 x 1 km)

Source : *Techniques sonar pour la cartographie et la caractérisation des fonds marins*, 2004, X. LURTON, J.M. AUGUSTIN

2.1.1.2. TOPOGRAPHIE

Le paramètre « topographie » intervient dans la détermination de la zone d'atterrissage ; un littoral à falaises abruptes rendant plus difficile le raccordement à terre.

Ces investigations s'effectuent généralement par un levé à pied ou quad, selon la nature des levés.

2.1.2. CARTOGRAPHIE MORPHO-SEDIMENTAIRE DES FONDS DE SURFACE : SONAR LATÉRAL

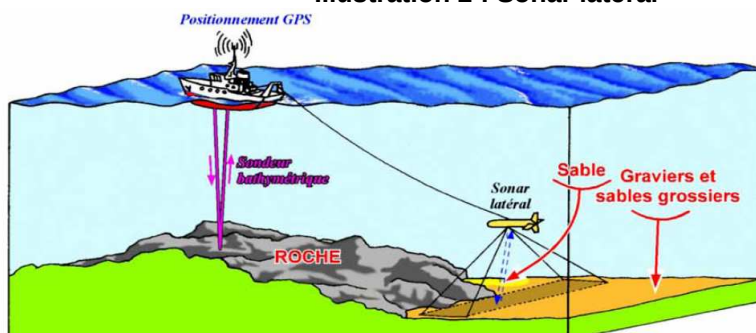
Le sonar latéral permet la reconnaissance des faciès superficiels. Les résultats des mesures aident d'une part à comprendre les phénomènes de la dynamique sédimentaire et d'autre part de cartographier les zones avec précision.

En effet, le sonar à balayage latéral permet la réalisation en continu d'une cartographie des fonds marins : il produit une image acoustique qui permet de délimiter avec précision les contours des différents faciès sédimentaires et de fonds rocheux :

- Les limites des ensembles structuraux (zones rocheuses, champ de mégarides,...),
- La morphologie des fonds (transition de fond / sables homogènes),
- Les échos suspects (épaves, blocs, câbles, corps morts...),
- La dynamique sédimentaire.

Le principe repose sur la variation du coefficient de rétrodiffusion du fond. Le signal acoustique est émis par les 2 transducteurs du poisson et est renvoyé avec plus ou moins d'intensité selon les caractéristiques de nature et de forme du fond.

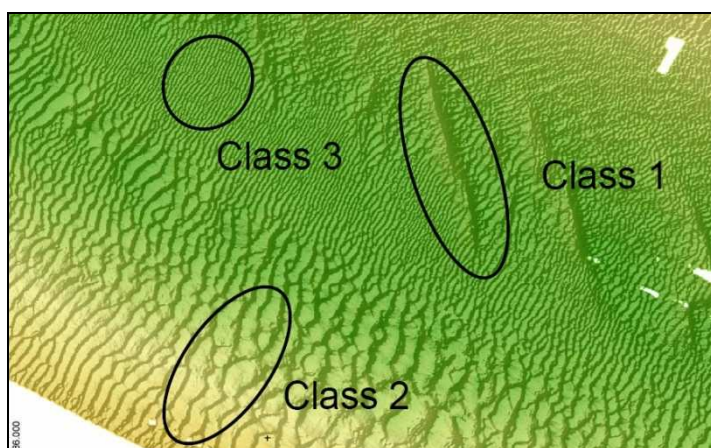
Illustration 2 : Sonar latéral



Principe du sonar



Poisson (transducteur)



Exemples de rendus



Source : CETMEF

2.1.3. NATURE DES FONDS SUPERFICIELS : PRELEVEMENTS ET ANALYSES DE SEDIMENTS SUPERFICIELS

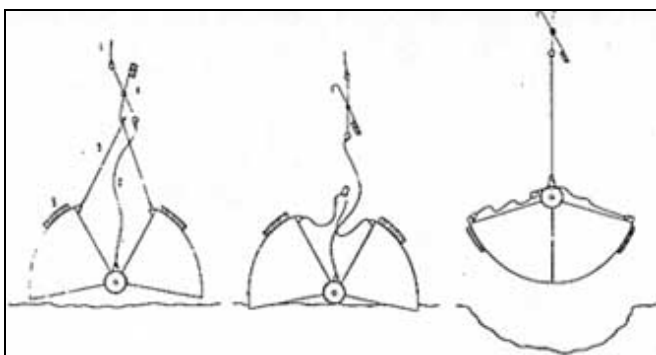
2.1.3.1. PRELEVEMENT DE SEDIMENTS

Ces prélèvements ont pour objectifs :

- De valider l'interprétation sonar,
- D'avoir des échantillons sur lequel des analyses complémentaires (analyses granulométriques) peuvent être réalisées.

Les prélèvements sont généralement réalisés à l'aide d'une benne qui constitue un procédé très simple de prélèvement de sédiments en surface sur le fonds marins.

Illustration 3 : Prélèvement des sédiments



Principe du sondeur multi-faisceaux



2.1.3.2. ANALYSES DES PRELEVEMENTS

2.1.3.2.1. ANALYSES GRANULOMETRIQUES

Ces données granulométriques sont indispensables pour déterminer la dynamique sédimentaire et les évolutions du fond (impacts de l'implantation des hydroliennes, zones d'affouillement...).

Deux techniques sont utilisées : le tamisage et la diffraction par laser.

2.1.3.2.2. ANALYSES DE LA QUALITE GEOCHIMIQUES

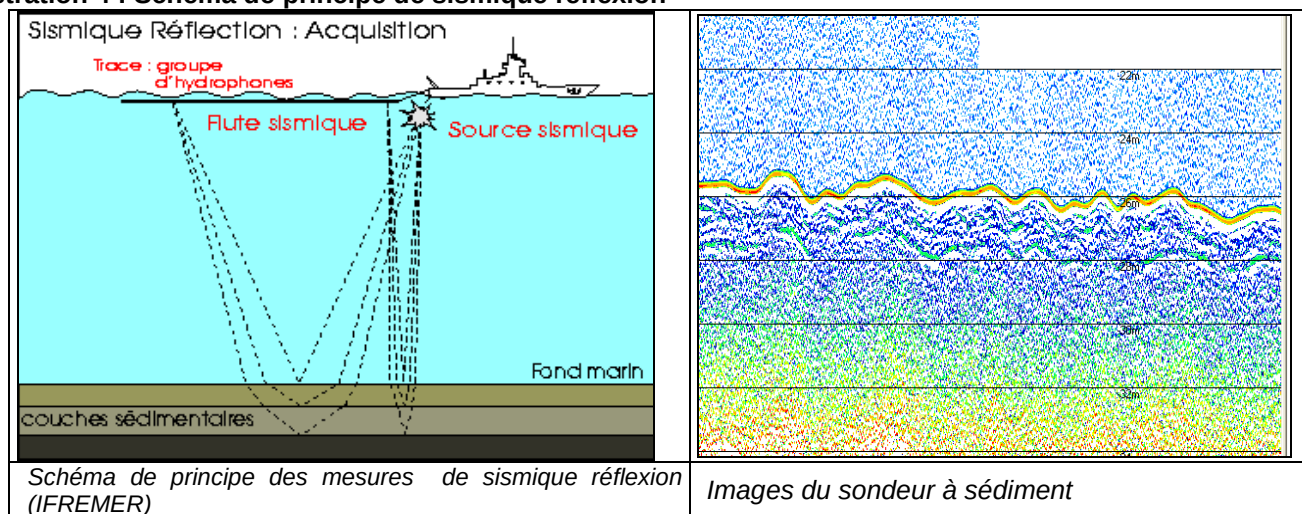
Les analyses géochimiques ont pour objectif de définir la qualité des sédiments dans le cas de dragage des fonds (probable pour la mise en place des câbles, de la souille pour la fondation des hydroliennes...). Les analyses portent sur les métaux lourds (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn), TBT, DBT, MBT, PCB (PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180 et PCB totaux), les HAP (Naphtalène, Fluoranthène,...), les hydrocarbures totaux (HCT...) et la teneur en matière organique.

2.1.4. CONNAISSANCE DU SOUS-SOL : MESURES SISMIQUES

Les mesures géophysiques ont pour but de déterminer les différentes couches sédimentaires (épaisseur, nature : zones sableuses, rochers...) et la position du substratum rocheux.

La technique utilisée est la sismique qui consiste à enregistrer en surface des échos issus de la propagation dans le sous-sol d'une onde sismique provoquée. Ces échos sont générés par les hétérogénéités du sous-sol. Le passage par exemple d'une couche d'argile à une couche de sable dans une colonne sédimentaire va se traduire par la présence d'un réflecteur sur les enregistrements. Selon le mode de propagation de l'onde : réfléchi sur, ou transmise le long de cette interface, on parle de sismique réflexion ou de sismique réfraction

Illustration 4 : Schéma de principe de sismique réflexion



2.1.5. APPROFONDISSEMENT DE LA CONNAISSANCE HYDRAULIQUE : POSE ET MESURE DE COURANTOMETRES

Afin de préciser les courants sur la zone d'étude et de caler les modèles hydrauliques, des mesures de courants (pose de courantomètres ADCP – principe de l'effet Doppler-) peuvent être réalisées sur une période de 15 jours minimum afin d'obtenir les données sur l'ensemble des variations de coefficient de marée (de la Vive-eau à la Morte-Eau pour deux cycles). Ces mesures permettront de déterminer l'intensité et la direction du courant sur toute la hauteur (par tranche de 0.5m-1m).

2.2. INVESTIGATIONS SUR LE MILIEU VIVANT

Pour déterminer l'état des lieux et l'impact d'un projet hydrolieen sur la faune et la flore du site, des investigations du milieu vivant doivent être effectuées. Ces investigations concernent principalement :

- Les peuplements benthiques sur la zone,
- Les ressources halieutiques,
- Les mammifères marins pouvant fréquenter la zone.

En raison de l'immersion des machines à plusieurs kilomètres des côtes, l'impact sur l'avifaune semble nul. Il ne semble donc pas nécessaire de réaliser des investigations sur l'avifaune.

Les types d'investigations/protocoles devront être validés par les services de l'Etat.

2.2.1. CARACTERISATION DU PEUPLEMENT BENTHIQUE

La description de la macrofaune benthique peut s'effectuer à partir :

- de la campagne de mesures de la qualité des sédiments (observations à la loupe binoculaire),
- De plongée sous-marine,
- De video sous-marine.

Ces investigations permettront de caractériser les peuplements : nombre d'espèces, abondance, diversité...

2.2.2. CARACTERISATION DE LA RESSOURCE ET ACTIVITES HALIEUTIQUES

Les navires de pêche professionnelle peuvent exercer leur activité sur la zone d'implantation des hydrolieennes. Par conséquent, la connaissance de ces activités et de la ressource halieutique est indispensable :

- Caractéristiques physiques des navires (longueur, puissance motrice, année de construction) ;
- Port d'exploitation et calendrier d'activité mois par mois : liste des métiers (association d'un engin et d'une ou plusieurs espèces cibles, avec un secteur de pêche et à une saison donnée) pratiqués, sur la zone et dans ses environs ;
- Types, quantités et valeurs des produits débarqués ;
- Poids économique que représente la pêche professionnelle dans la région ;
- Liste des espèces, sédentaires ou mobiles...

La caractérisation de la ressource halieutique peut s'effectuer par :

- Une analyse de l'état de la ressource halieutique :
 - o un recensement de la flotte, à partir des données collectées auprès des différentes administrations et organisations (taille et puissance des navires, zone d'activité, type de pêche...),
 - o une enquête auprès des professionnels de la pêche (pêcheurs, IFREMER...),
- Une Campagne de pêche expérimentale : le protocole devra être validé par les différents services et organismes de l'Etat concernés, en particulier l'IFREMER.

2.2.3. CARACTERISATION DES MAMMIFERES MARINS

La présence de mammifères marins constitue un paramètre très sensible pour l'implantation d'hydroliennes.

Les investigations peuvent comprendre les volets suivants :

- Etat des lieux de la bibliographie scientifique existante avec un inventaire des espèces rencontrées et leur répartition sur la zone d'étude réalisé à partir des données recueillies dans le cadre du Réseau d'Observateurs et des données récoltées par le Réseau National Echouage,
- Investigations de terrain (reconnaissance par bateau, avion...) pour confirmer et enrichir l'inventaire et la répartition des espèces,
- Investigation acoustique (installation de microphone sur le site),
- Mis en place de balise de suivi des phoques.

3.ETUDES COMPLEMENTAIRES

Un certain nombre d'étude seront indispensables à réaliser pour la création d'un parc hydrolien :

- Modélisation hydraulique et hydrosédimentaire,
- Etude technique,
- Etude réglementaire,
- D'autres études peuvent également être demandées par les services de l'Etat, en particulier une étude de risque de navigation maritime (détermination du risque de collision et des dégâts occasionnés...)....

3.1. MODELISATION HYDROSEDIMENTAIRE (COURANT, AGITATION, SEDIMENTOLOGIE)

3.1.1. COURANTOLOGIE

La connaissance précise des courants est un besoin intrinsèque fondamental sur un projet hydrolien pour plusieurs niveaux d'interventions :

- Déterminer le potentiel énergétique du site,
- Fournir les conditions de projet pour évaluer les efforts sur les structures,
- Déterminer les contraintes de travaux et en particulier les plages possibles de travail en fonction de la marée (important dans le cadre des opérations d'entretien des machines),
- Evaluer l'impact rétroactif des ouvrages sur les courants,

Pour cela, il est nécessaire de mettre en œuvre une modélisation hydraulique permettant de disposer d'une information précise sur les champs de courants sur la zone et de l'effet du projet sur la zone.

Cette modélisation numérique courantologique a pour objectif :

- d'une part, de préciser la courantologie à l'intérieur de la zone de projet et à son voisinage,
- d'analyser les effets du champ d'hydrolienne sur la courantologie locale,
- d'aider à préciser les éventuels risques sédimentologiques.

3.1.2. AGITATION

Les conditions d'agitation sur le site constituent un élément déterminant dans le cadre de la mise en place d'un tel projet.

Les conditions d'agitation déterminent :

- les efforts générés sur la structure,
- les conditions d'ancrage de la structure (limitées sur le site du fait de la profondeur),
- les opérations de mise en place et de travaux (temps d'accès, indisponibilité).

Cette analyse de l'agitation peut comprendre :

- une analyse statistique des vents et houles au large par reconstitution des états de mer au large ;
- Une modélisation mathématique permettant de simuler la propagation des houles et mers de vents jusque sur le site de projet (plan de vagues), ce qui permettra de disposer d'une matrice de transfert du large vers le parc et la côte.
- Modélisation/expertise hydrosédimentaires.

3.2. ETUDE TECHNIQUE

Ces études ont pour objectif de définir techniquement le projet :

- Caractéristique et dimensionnement des structures,
- Mode réalisation et de maintenance,
- Montant des travaux.

3.3. ETUDE PAYSAGERE

Cette étude consiste à évaluer l'incidence du projet sur les paysages : état initial des paysages, détermination des aires d'influence, photomontages.

3.4. ETUDES REGLEMENTAIRES

La liste des études réglementaires est rappelée ci-après :

- Etude d'impact,
- Demande d'autorisation au titre du Code de l'Environnement,
- Demande de demande d'occupation du domaine public maritime,
- Dossier d'évaluation des incidences Natura 2000 (L.414-4 du code de l'Environnement),
- Dossier d'enquête publique,
- Demande de permis de construire pour le poste de livraison à terre,
- Déclaration au titre de la « Loi sur l'Energie ».

3.5. ETUDES DIVERSES

D'autres études peuvent également être envisagées : étude acoustique pour déterminer l'impact sonore des hydroliennes...

oOo

**DETERMINATION DU POTENTIEL HYDROLIEN
EN BASSE-NORMANDIE**

**PRESENTATION DES PRINCIPALES TECHNOLOGIES ET
APPLICABILITE AU DOMAINE COTIER REGIONAL**

DOCUMENT FINAL

FEVRIER 2012

N°171 3186

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION – CONTEXTE GENERAL	3
2. IDENTIFICATION DES TECHNOLOGIES POTENTIELLES DE CONVERSION D'ENERGIE DES COURANTS	4
2.1. RAPPEL DES PRINCIPES DE L'ENERGIE HYDROLIENNE.....	4
2.2. TECHNIQUES.....	6
2.3. ANALYSE DE TECHNOLOGIES DEVELOPPEES ET STADES DE MATURITE.....	9
2.3.1. ANALYSE DES TECHNOLOGIES LES PLUS AVANCEES.....	10
2.3.2. ANALYSE DE QUELQUES RETOURS D'EXPERIENCE ET ETUDES DE CAS.....	10
2.3.3. SYNTHESE : ANALYSE DES TECHNOLOGIES UTILISABLES DANS LA REGION BASSE- NORMANDIE	11
3. BIBLIOGRAPHIE.....	13
ANNEXE I : TECHNOLOGIES A DIFFERENTS STADES DE DEVELOPPEMENT	14
ANNEXE II : TECHNOLOGIE – STADE DE DEVELOPPEMENT PRE-INDUSTRIEL OU INDUSTRIEL ..	15
ANNEXE III : FICHES - ETUDE DE CAS	16

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Stades de développement des projets d'énergies marines	9
Tableau 2 : Calendrier de développement des projets d'énergies marines (source CESR Bretagne)	9

LISTE DES ILLUSTRATIONS

Illustration 1 : Zones de fort potentiel hydrolien à l'échelle mondiale	4
Illustration 2 : Carte de la ressource hydrolienne en Europe	5
Illustration 3 : Carte de la ressource hydrolienne en Manche (Vitesse maximale du courant en noeuds)	5
Illustration 4 : Principes des hydrolennes	8

oOo

1.

INTRODUCTION – CONTEXTE GENERAL

L'objectif pour la France est d'atteindre 23 % d'énergies renouvelables dans la consommation d'énergie finale à l'horizon 2020. Avec ses zones maritimes de l'ordre de 11 millions de km², la France dispose d'un fort potentiel de développement pour les énergies renouvelables de la mer.

De nombreux acteurs économiques présents sur le territoire possèdent les compétences et l'expertise pour contribuer au développement de ces ressources marines. Les différentes énergies marines pourraient ainsi représenter environ 3 % de l'objectif à l'horizon 2020.

La Région Basse-Normandie, les acteurs économiques et industriels locaux sont fortement engagés dans le développement de la filière.

Une étude d'opportunité sur la valorisation des éléments et des ressources naturelles pour les éco-énergies en Basse-Normandie réalisée pour le compte de la MIRIADÉ en février 2010 mettait déjà en avant à la fois l'importance du gisement bas-normand (le Raz Blanchard est le site le plus énergétique au niveau national) et l'intérêt de la filière au niveau local (proximité des ports, compétences pour construction, assemblage des turbines etc ...) est fort.

En septembre 2010, un rapport du Conseil Economique, Social et Environnemental Régional (CESR) « Les Energies Marines Renouvelables (EMR) : Potentialités et perspectives en Basse-Normandie soulignait à nouveau l'intérêt de ce type d'énergie marine sur le domaine marin régional.

Par ailleurs, plusieurs projets privés sont aujourd'hui en développement sur le territoire bas-normands.

Il est donc nécessaire pour les autorités administratives de bien connaître le gisement local qui dépend à la fois du gisement énergétique absolu (puissance des courants de marée) mais également des surfaces disponibles qui peuvent être fortement réduites du fait de contraintes physiques, environnementales ou encore par des contraintes d'usages côtiers et marins. Cela permettra ainsi d'avoir une vision objective et précise des possibilités locales.

Dans ce cadre, la DREAL Basse-Normandie a lancé une étude visant à définir le potentiel précis sur la zone régionale et déterminer les zones potentielles d'implantation.

L'objectif de cette étude est :

- De faire une synthèse des données existantes,
- D'identifier les sites marins mobilisables pour la production d'énergie et d'évaluer les degrés de contraintes à la mise en œuvre des technologies sur ces sites,
- D'évaluer les capacités maximales et productibles énergétiques mobilisables à court, moyen et long terme,
- De préciser les cadres juridiques et réglementaires de réalisation.

Ce document précise :

- **Les principales technologies hydrolennes disponibles sur le marché et leur degré de maturité,**
- **Les technologies susceptibles d'être utilisées dans les zones de fort potentiel énergétique de Basse-Normandie.**

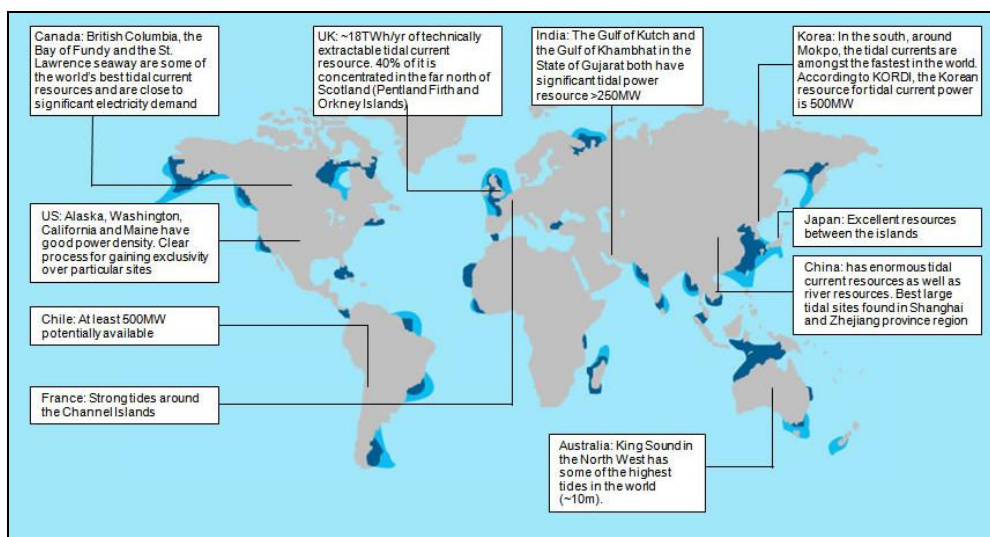
2. IDENTIFICATION DES TECHNOLOGIES POTENTIELLES DE CONVERSION D'ENERGIE DES COURANTS

2.1. RAPPEL DES PRINCIPES DE L'ENERGIE HYDROLIENNE

L'énergie des courants (hydrocinétique ou hydrolenne) correspond à l'exploitation de l'énergie cinétique des masses d'eau mises en mouvement par les courants marins.

La récupération de l'énergie cinétique des courants marins par des turbines accroît le potentiel marémoteur récupérable car il n'est plus nécessaire de construire des barrages, dont les impacts environnementaux sont contestés ; les sites sont alors beaucoup plus nombreux. Le potentiel mondial n'a pas été encore complètement évalué, mais il est sans doute très supérieur à celui des systèmes à barrage.

Illustration 1 : Zones de fort potentiel hydrolenne à l'échelle mondiale

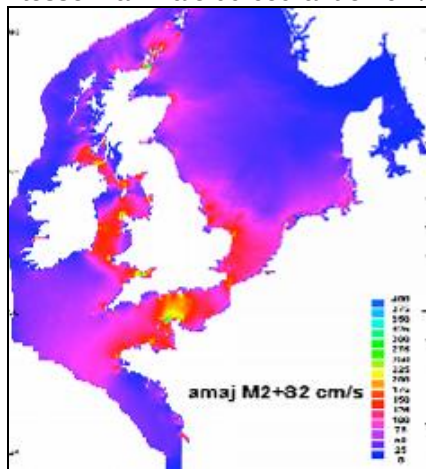


Source : <http://www.atlantisresourcescorporation.com/marine-power/global-resources.html>

Rien qu'en Europe, on l'estime à environ 50 TWh, en ne considérant que les zones à proximité des côtes, là où les courants sont suffisamment rapides pour un dimensionnement technico-économique acceptable des turbines.

Le long des côtes européennes, les courants sont surtout développés par les phénomènes de marée qui représentent une ressource considérable, en particulier dans la Manche.

Illustration 2 : Carte de la ressource hydrolienne en Europe
 (Vitesse maximale du courant en cm/s)

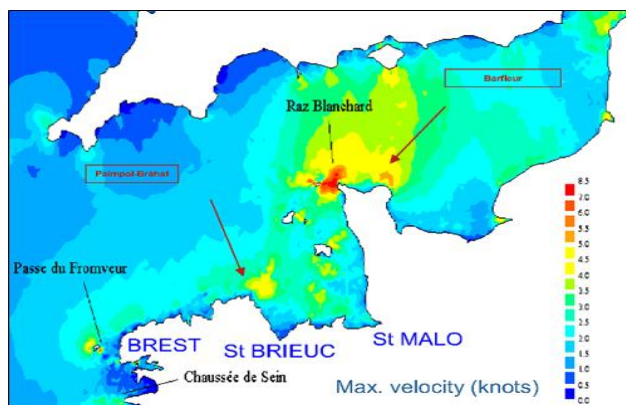


Les sites intéressants sont ceux où la vitesse du courant dépasse 175 cm/s sur cette carte. On notera la richesse autour du Cotentin, en certains endroits de la côte nord de la Bretagne, ainsi qu'autour des îles Britanniques
 (source : Des énergies marines en Bretagne : à nous de jouer, Région Bretagne !, Région Bretagne, 2009)

L'onde de marée est amplifiée dans certaines zones privilégiées par la configuration de la côte. Le littoral de la Bretagne et de la Normandie possède plusieurs sites où les courants atteignent des valeurs importantes : la Chaussée de Sein (3 m/s), le Fromveur à Ouessant (4 m/s), les Héaux de Bréhat, le Cap Fréhel (2 m/s), le Raz Blanchard (5 m/s).

La vitesse et les horaires des courants dépendent du cycle lunaire, mais sont prédictibles longtemps à l'avance. De plus, le décalage de l'onde de marée durant sa propagation dans la Manche permet théoriquement d'obtenir une puissance garantie quasiment continue en équipant au moins partiellement les sites mentionnés. Les zones de forts potentiels dans la Manche sont indiquées sur l'illustration suivante.

Illustration 3 : Carte de la ressource hydrolienne en Manche (Vitesse maximale du courant en noeuds)



(source : Des énergies marines en Bretagne : à nous de jouer, Région Bretagne !, Région Bretagne, 2009)

Localement, en sortie d'estuaire, dans les bras de mer, des zones propices peuvent également constituer des sites intéressants.

Une installation hydrolienne, peut être assimilée à une éolienne sous-marine. Comme dans le cas des éoliennes, la puissance fournie par un courant qui traverse un m^2 de surface de rotor est donnée par la formule :

- $P = \Omega \cdot h \cdot r \cdot V^3$
- P : puissance en W/m^2 - V : vitesse de l'eau en m/s – h : rendement hydraulique du rotor - r : masse volumique de l'eau de mer, 1024 kg/m^3

Ainsi, la ressource augmente très vite avec la vitesse du courant, ce qui montre qu'il est intéressant économiquement d'équiper les sites privilégiés par des courants forts. En tenant compte du rendement hydrodynamique des rotors, la puissance obtenue est en moyenne de l'ordre de $1,2 \text{ kW/m}^2$ pour un courant de 2 m/s et 4 kW/m^2 pour un courant de 3 m/s . Comme les courants les plus forts sont exceptionnels (marées de vives-eaux), on dimensionne électriquement les machines pour une vitesse de courant revenant fréquemment.

La prédictibilité des courants de marée offre la possibilité d'une production de base, mais intermittente. La densité énergétique d'un parc d'hydroliennes offshore est de l'ordre de 20 à 30 MW par km^2 dans les sites favorables, à comparer aux 8 à 10 MW/km^2 pour l'éolien offshore. Les hydroliennes sont susceptibles de fonctionner $2\,500$ à $3\,000$ heures en équivalent pleine puissance.

L'installation et la maintenance se font avec des moyens maritimes légers. Les impacts visuels et environnementaux sont limités et devront être précisés par des expérimentations en mer accompagnées d'un suivi des impacts. Les premiers prototypes sont déjà opérationnels en Norvège, au Royaume-Uni et en France (Paimpol).

Les hydroliennes sont prévues pour fonctionner en milieu sous-marin. Elles doivent être très robustes et ne nécessiter que le minimum d'entretien. Les courants rapides n'existent que dans les profondeurs d'eau faible et à proximité des côtes. Les machines sont donc de taille modeste (rotors de 10 à 20 m de diamètre) et doivent prendre en compte la variation de niveau, parfois élevée, due aux marées elles-mêmes.

2.2. TECHNIQUES

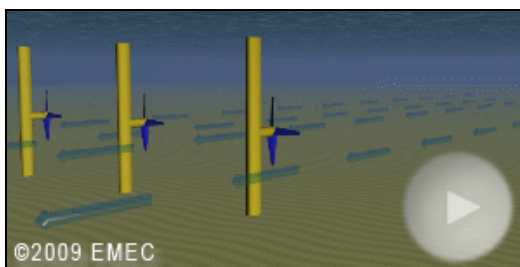
La technique de récupération des courants libres est très proche de celle des aérogénérateurs, à ceci près que la direction des courants est constante, que leur sens est alternatif (effets de marée) ou continu et que les turbines se trouvent dans l'eau salée (cette technologie a déjà été éprouvée en eau douce, notamment dans des fleuves amazoniens).

L'EMEC (European Marine Energy Center) a également recensé un nombre important de développeurs et prototypes hydroliens : plus de 50 sont dénombrés.

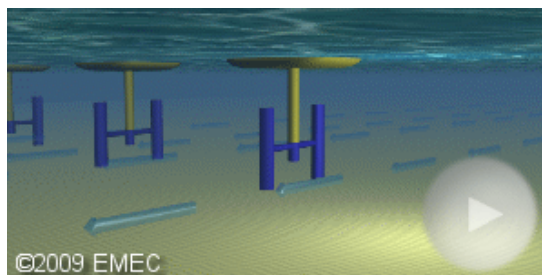
Nous avons listé les principales technologies disponibles. Elles sont présentées en annexe .

Pour résumer, pour **l'énergie hydrolienne**, il existe principalement 4 dispositifs de conversion d'énergie des courants.

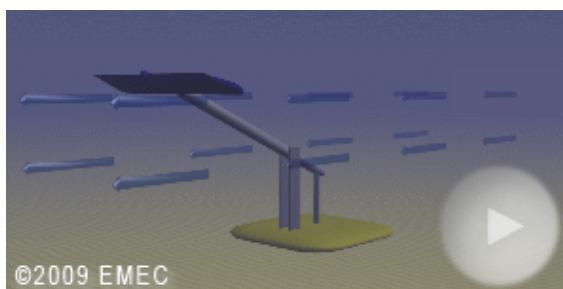
- Turbine à axe horizontal : ce dispositif extrait l'énergie du mouvement des eaux de façon comparable à celles des éoliennes sous l'action du vent : la rotation de l'hélice provoquée par le courant entraîne un générateur électrique. L'hydrolienne comporte un nombre de pales variable selon les caractéristiques du courant,



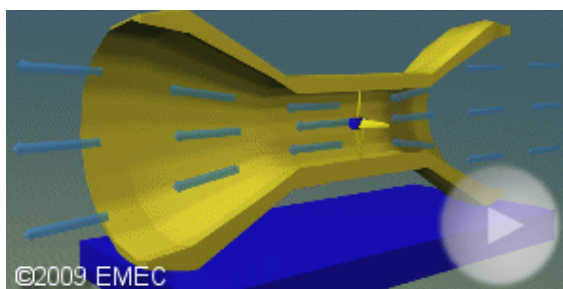
- Turbine à axe vertical : les pales sont en rotation sur un axe vertical, entraînant un générateur électrique. Beaucoup d'hydroliennes sont à axe vertical, mais elles sont encore souvent à l'état de projet ou de prototype. Les technologies à axe vertical souffrent peut-être d'un manque de crédit car elles n'ont pas percé en éolien. Les concepteurs de ces turbines les promeuvent plus volontiers pour de petites installations de rivières et petits fonds. Elles affichent des coefficients de performance théoriquement supérieurs à leurs concurrentes à axe horizontal. Les italiens de Ponte di Archimede sont des précurseurs en ce domaine et poursuivent un projet en Indonésie. La turbine Achard, développée en France au sein du LEGI, semble avoir des performances remarquables. Converteam devrait développer une hydrolienne de la classe mégawattique sur cette base (projet Harvest).



Hydroptère oscillatoire : l'aile de l'hydroptère oscille face au courant marin. Ce mouvement entraîne un vérin hydraulique qui envoie du fluide haute pression vers une turbine pour produire de l'électricité. Elles souffrent de devoir transformer, par un mécanisme complexe, un mouvement longitudinal de va-et-vient en mouvement circulaire, en utilisant différents intermédiaires mécaniques ou hydrauliques toujours générateurs de complexité et gourmands en rendement et en pertes. Une entreprise britannique, Pulse Tidal, essaie un démonstrateur de 1MW dans l'estuaire de la rivière Humber.



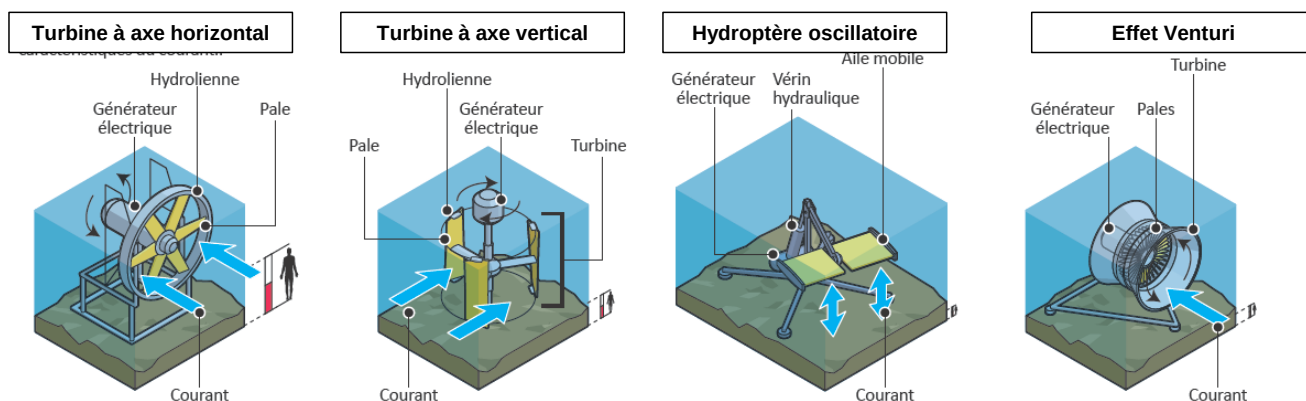
- Effet Venturi : ce dispositif exploite l'accélération du courant dans une conduite dont le diamètre se rétrécit (effet venturi).



Divers prototypes d'hydroliennes sont aussi en phase de démonstration ou d'essais, principalement en Grande Bretagne, en Ecosse et en France (plusieurs expérimentations sont en cours ou en projet en Bretagne et Basse-Normandie). Ces hydroliennes, dont les fondations (taille 10-20 m) sont posées sur le fond marin, ont des puissances unitaires de l'ordre du MW. Pour une production électrique significative (de l'ordre de la dizaine de GWh/an) plusieurs exemplaires devront être installés dans des zones de courants suffisamment élevés (i.e. supérieurs à 2 m/s). Nous noterons que des principes variés de récupération de l'énergie hydrocinétique sont considérés dans les projets d'hydroliennes, la plupart reposant sur l'utilisation de turbines avec conversion de l'énergie mécanique en énergie électrique.

Une synthèse vulgarisée de ces différentes techniques a été réalisé dans le cadre de la Commission Energies Marines du Syndicat des Energies Renouvelables (SER)

Illustration 4 : Principes des hydroliennes



Source : Commission Energies Marines SER

Parmi ces différentes familles, on distingue également deux catégories de technologies :

- les machines hydroliennes de puissance de l'ordre de 0,5 à 1 MW, par groupe de quelques machines (site pilote/ démonstrateur puis pré industriel) puis, sous réserves des évolutions technologiques, sous la forme de parcs de quelques dizaines de machines ;
- les machines hydroliennes de plus faible puissance de l'ordre de 10 à 50 kW, installées dans des veines de courant, estuaires, ou sur des piles de pont.

Les projets les plus avancés ont été recensés et sont présentés en annexe 2.

2.3. ANALYSE DE TECHNOLOGIES DEVELOPPEES ET STADES DE MATURITE

Parmi les grandes familles de technologies EMR, seuls les procédés marémoteurs ont réellement atteint la maturité industrielle.

Les autres EMR sont actuellement en phase de démonstration ou au stade préindustriel. Leur déploiement industriel interviendra selon des cycles de 3 à 5 ans qu'il est nécessaire d'anticiper. Cela conduit à proposer à la concertation un calendrier de déploiement différent par famille de technologie.

Ces différentes technologies sont à des stades d'avancement différents : projet, prototype, pré-industriel ou industriel...

Tableau 1 : Stades de développement des projets d'énergies marines

Stade	Technologie (équivalent anglais)	Site	
Recherche amont	Concept (Concept design)	-	<i>Le concept est élaboré, modélisé, amélioré.</i>
Développement	Maquette (Part-scale)	Bassin d'essais en laboratoire	<i>Une maquette est testée dans un bassin simulant les états de mer.</i>
	Prototype échelle réduite (Part-scale)	Site d'essais en mer	<i>Le concept est validé à la mer, en site abrité.</i>
	Prototype échelle 1 (Full-scale)	Site d'essais en mer	<i>La première machine construite est testée en conditions réelles.</i>
Démonstration	Pré-industriel (Pre-commercial)	Site de démonstration	<i>Un premier parc est installé en mer, afin de tester le comportement de chacune des machines mais aussi d'appréhender l'effet parc.</i>
Exploitation	Industriel (Commercial)	Site exploité	<i>Le parc est installé en mer dans l'unique but de produire et de vendre de l'électricité.</i>

(source : Des énergies marines en Bretagne : à nous de jouer, Région Bretagne !, Région Bretagne, 2009)

Tableau 2 : Calendrier de développement des projets d'énergies marines (source CESR Bretagne)

Hydroliennes de « faible » puissance (<~100kW)	10 à 50 kW (30 à 150 MWh) par unité	Installation locale	Faisable à partir de 2010	Besoins portuaires modérés	Viable à partir d'1 unité
Hydroliennes de « forte » puissance (>~500kW)	1 MW (3 GWh) par unité	Projets limités à quelques unités sur des superficies de l'ordre du km ²	Faisable à partir de 2010 Mature à moyen terme	Besoins portuaires importants	Viable à partir de quelques machines

(source : Des énergies marines en Bretagne : à nous de jouer, Région Bretagne !, Région Bretagne, 2009)

L'annexe I présente les principales caractéristiques (maturité, puissance, dimension...) de ces 4 types de technologie.

L'annexe II présente de manière plus détaillée les caractéristiques pour les technologies les plus avancées, soit celles arrivées à un stade pré-industriel ou industriel.

2.3.1. ANALYSE DES TECHNOLOGIES LES PLUS AVANCEES

Une analyse des technologies les plus avancées a été réalisée afin de disposer d'informations les plus précises possibles sur les caractéristiques des turbines, puissances, rendements etc ...) (à noter que pour certaines technologies encore très peu avancées, les informations sont toutes confidentielles).

Pour chacune d'entre elle, nous avons essayé de renseigner les éléments suivants :

- la description technique,
- le potentiel de production,
- les puissances attendues des réalisations industrielles,
- le degré de maturité (stade de développement),
- les expérimentations menées et en cours (porteurs, lieux géographiques, résultats disponibles...),
- les freins techniques connus (vitesses des courants, profondeur d'eau etc ...).

Ces éléments sont présentés en **annexe II**.

2.3.2. ANALYSE DE QUELQUES RETOURS D'EXPERIENCE ET ETUDES DE CAS

Le recensement des technologies a été complété par l'analyse de quelques études de cas de projets réalisés. A ce stade, nous pensons retenir des sites disposant de plusieurs années de retours d'expériences ou des projets intéressants en termes de retours :

- Seaflow (MCT), Stranfort Lough, Ecosse (MCT),
- Hammersfest Strøm, Kvalsundet, Norvège ,
- Sabella, Odet, et Projet Eussabella, France,
- Projet Bréhat EDF (Open Hydro).

Ce travail permettra d'illustrer l'analyse et de fournir des exemples concrets toujours intéressants en termes de retour d'expérience. Il sera présenté sous forme de fiches présentées en annexe III.

2.3.3. SYNTHESE : ANALYSE DES TECHNOLOGIES UTILISABLES DANS LA REGION BASSE- NORMANDIE

L'adaptabilité des différentes technologies existantes au domaine côtier étudié résulte d'un croisement entre leurs caractéristiques techniques (dimensions, fondations ...) et les contraintes du ou des sites étudiés (profondeur d'eau, nature des fonds ...).

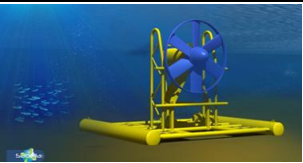
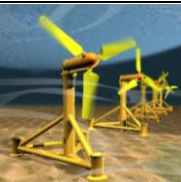
A ce stade, les 3 sites de forts potentiels énergétiques identifiés sont : le Raz Blanchard, la Pointe de Barfleur et le domaine côtier à l'Est de Jersey.

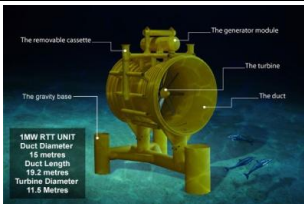
Du point de vue des contraintes de site (forte énergie) et des difficultés probables de pose et de maintenance, il conviendrait de disposer de turbines de forte puissance, robustes, résistantes aux agents météo-océaniques extrêmes.

Nous avons à ce stade fait une sélection (non exhaustive) parmi les technologies les plus avancées et « connues » en Europe, sur celles qui nous semblent les plus pertinentes pour une installation possible dans les eaux bas-normandes. Cela n'exclut évidemment pas d'autres technologies ou concepts en cours de développement.

Cette sélection a simplement pour objectif de définir la « gamme » de technologies qui pourraient être implantées en termes de dimensions, puissances, types de fondations etc ...

Technologies actuelles

Technologies		Principales caractéristiques
Hammerfest Strom		Dimensions : diam. 20m Puissance : 1 MW Entièrement immergée, invisible et autorise la navigation.
Marine Current Turbines (Seagen)		Dimensions : , diam. 16m Puissance : 1,2 MW Partie émergée.
Sabella		Dimensions : , diam.D10 = 10m Puissance : 0,5 MW Entièrement immergée, invisible et autorise la navigation. Système simple et robuste.
Open Hydro		Dimensions : , diam. 16m, Hauteur totale 21m Puissance : 0.5 à 1MW Machines immergées Technologie très avancée
Tidal generation Limited		Dimensions : diam. 18m ; total 21m hauteur totale : 28m Puissance : 0.5 à 1MW Prototype de 1MW : diam. 18m ;
Clean Current Turbines (ALSTOM Power)		Dimensions : diam. 20 m Puissance : 1MW Machines immergées Technologie très avancée

Lunar Energy		Dimensions : diam. 12-15m Puissance : 1 MW
---------------------	---	--

Il existe également d'autres technologies de tailles et puissances plus réduites, qui peuvent être adaptées à de faibles fonds... : SABELLA 10, Free Flow Power Corporation (Verdant Power) (fondations à adapter)...

Technologies futures

Plusieurs concepts ou prototypes sont en cours de développement sur des technologies de plus forte puissance. On peut citer par exemple les technologies suivantes :

- U Seagen : 3 MW pour un diamètre de 20 m (systèmes double-pales),
- ALSTOM ORCA : 2MW pour un diamètre de 30 m,
- Etc

En raison des contraintes de hauteur d'eau sur les sites potentiels d'implantation des hydroliennes, il est probable que les améliorations porteront essentiellement sur les puissances et rendements des machines.

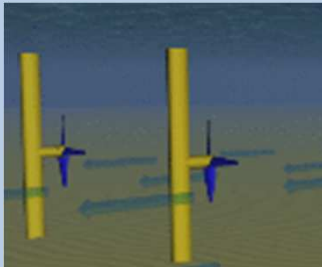
3.BIBLIOGRAPHIE

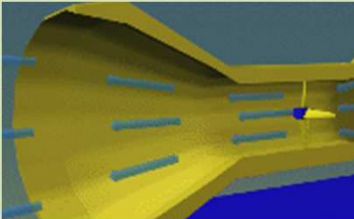
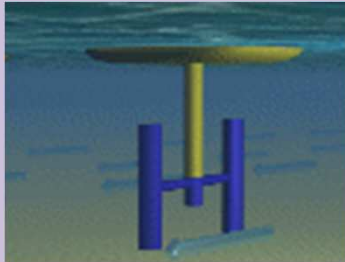
CESER de Basse-Normandie, 2010. *Les Energies Marines Renouvelables (EMR) : potentialités et perspectives en Basse-Normandie*
ECRIN – OPECST, 2004. *Energies des mers*
EDF - LABORATOIRE. SAINT-VENANT, 2010. *Energies marines hydrolienne et houlomotrice. Exemples de projets et de travaux de R&D*
GAUTIER, 2010. *Rapport Énergies Marines Renouvelables Emplois, Compétences, Formation Quelles perspectives d'avenir ?*
IFREMER, *L'exploitation de la ressource hydro cinétique - Etat de l'art*
IFREMER, 2008. *L'Ifremer et les énergies marines – dossier de presse*
IFREMER, 2008. *Les énergies marines renouvelables - Synthèse d'une étude prospective à l'horizon 2030*
LE MONITEUR, 2010. *L'énergie éolienne*
LE MONITEUR, 2010. *Grenelle 2 – Loi portant engagement national pour l'environnement*
REGION BASSE-NORMANDIE – MIRIADÉ, 2010. *Etude sur la valorisation des éléments et des ressources naturelles pour les éco-énergies en Basse-Normandie - Rapport final.*
REGION BRETAGNE, 2009. *Des énergies marines en Bretagne : à nous de jouer !*

Sites internet des différentes technologies, notamment :

<http://www.emec.org.uk/>
<http://www.eere.energy.gov/>
www.atlantisresourcescorporation.com
www.free-flow-power.com
www.tidevannsenergi.com
www.hydratidal.com
www.sabella.fr
www.marineturbines.com
www.naturalcurrents.com
www.tidalgeneration.co.uk
www.tocardo.com
www.cleancurrent.com
www.lunarenergy.co.uk
www.flumill.co.uk
www.neo-aerodynamic.com
www.newenergycorp.ca
www.engb.com
www.aquaenergy.no
www.hydro-gen.fr

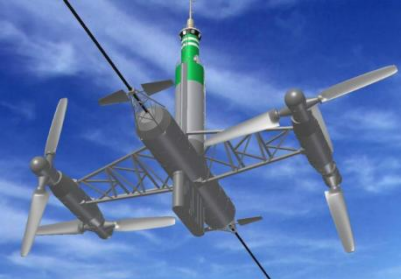
ANNEXE I : TECHNOLOGIES A DIFFERENTS STADES DE DEVELOPPEMENT

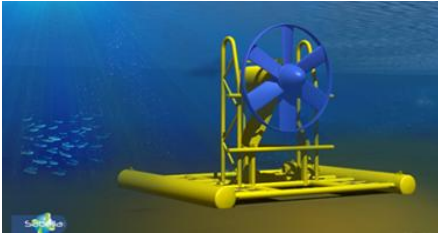
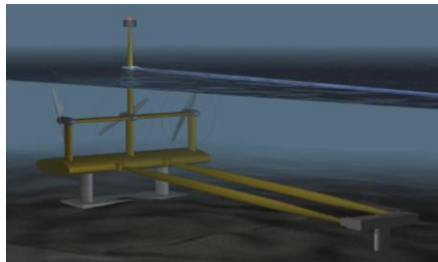
Légende couleur	Prototype / industriel	Prototype	Concept			
Famille	Entreprise	Pays	Technologie	Stade de développement	Puissance	Dimensions
 Hydrolienne à axe horizontal	Atlantis resources corporation	Australie	Série AK	Prototype / industriel en cours	1 MW à 2 MW	Rotor de 18 m de diamètre
	Free Flow Power Corporation (Verdant Power)	Etats-Unis	SmarTurbine	Industriel	0.13MW	Diamètre extérieur : 3m
	Hammerfest Strom	Norvège	Tidal stream turbine	Prototype / industriel en cours	0,3MW et 1MW	
	Hydra Tidal Energy Technology AS	Norvège	Morild power plant / Morild 2	Prototype / Pré-industriel	1.5 MW pour le prototype	23 m de diamètre
	IBIS Ilc	Etats-Unis	Hydroflo	Prototype / Pré-industriel	0.120 MW	Diamètre 5 m - Profondeur minimum 9 m
	Marine current Turbines	Royaume-Uni	Seagen, Seaflow	Industriel	1,2 MW par unité	Rotor de 16 m de diamètre
	Natural Currents Energy Services	Etats-Unis	RED HAWK	Prototype / industriel en cours		
	Open Hydro	Ireland	Open centre turbine	Prototype / Pré-industriel	0.5 à 1 MW	Turbine de 16 m de diamètre
	SABELLA	France	Sabella	Pré-industriel	0,2-0,5MW	Rotor ~ 10 m de diamètre
	Tidal generation Limited	Royaume-Uni	Deep Gen	Prototype / industriel en cours	0,5 à 1 MW	Turbine de 18m de diamètre
	Tocardo Tidal Energy Ltd	Pays-Bas	Tocardo Aqua 2800	Industriel / prototype en cours	Variable	Rotor de 20 m de diamètre maximum
	Cyclocean, LLC	Etats-Unis	Sub Surface Counter Rotation Current Generator	Prototype		Jusqu'à 8 m de diamètre
	Florida Atlantic university	Etats-Unis	Dania beach	Prototype	2 à 4 Kw	
	Hills inc.	Etats-Unis	Deep water capable Hydrokinetic turbine	Concept / prototype en cours	10 et 40 Kw par unité	
	Hydrocoil Power Incorporation	Etats-Unis	Hydrocoil	Prototype	0.03 MW	
	Marine current Turbines	Royaume-Uni	U-Seagen	Prototype	3M	Diam. 20m
	Ocean Flow Energy	Royaume-Uni	Evopod	Prototype	1.2 MW	Rotor ~ 10 m de diamètre
	Ocean renewable power company	Etats-Unis	OCGen	Prototype	1.2 MW	Emprise de 15 m à l'horizontal
	Scotrenewables	Ecosse	SRTT	Prototype	1 MW	
	Smart product innovations	Etats-Unis	ECO-Auger	Prototype		Diamètre 5 m - application en surface
	SMD Hydrovision	Royaume-Uni	Tidel	Prototype		
	THOR (Turner Hunt Ocean Renewable LLC)	Etats-Unis	THOR Ocean Current Turbine	Prototype	2/3 MW	
	Tidal Energy Ltd	Royaume-Uni	Delta Stream	Prototype	2 à 10 MW	
	Tidal Stream	Royaume-Uni	Triton	Prototype	0.3 à 0.5 MW	Rotor de 20 m de diamètre
	Tideng	Danemark	Tideng	Prototype		
	UEK Corporation	Etats-Unis	Underwater Electric Kite	Prototype	35 Kw par unité	
	University of Strathclyde	Royaume-Uni	Cormat	Prototype	0.035 à 0.15 MW Prototype de 0.5 MW	
	Verdant Power	Etats-Unis	Free Flow	Protoype	20 Kw par unité	Rotor de 5m de diamètre
	Voith siemens Hydro power Generation	Allemagne	HyTide	Concept / prototype en cours	1 MW	
	Water Wall Turbine	Canada	Water Wall Turbine	Concept / Prototype en cours	0.5 à 3 MW	
	Bourne Energy	Etats-Unis	CurrentStar/ OceanStar / TidalStar	Concept	0.05 MW (TidalStar)	6 m (TidalStar) à 60 m de diamètre (OceanStar)
	Current Electric	Etats-Unis	Current Electric Generator	Concept		Profondeur maximum 30 m
	Current to Current	Etats-Unis	Submersible Power generator	Concept	0.11 MW prototype	
	Dehlsen associates Ecomerit Technologies	Etats-Unis	Aquantis	Concept	0.1, 0.5 et 1 MW	
	Kinetic Energy Systems	Etats-Unis	KESC Tidal Generator	Concept	1.25 MW	
	Offshore Islands Ltd	Etats-Unis	Current catcher	Concept		
	Rugged Renewables	Royaume-Uni	Savanius Turbine	Concept		
	Wavegen	Ecosse	HvWave	Concept		

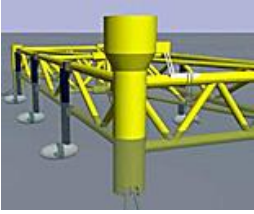
Légende couleur	Prototype / industriel	Prototype	Concept			
Famille	Entreprise	Pays	Technologie	Stade de développement	Puissance	Dimensions
Hydrolienne "Effet Venturi" 	Clean Current Power Systems (racheté par ALSTOM)	Canada France	Clean Current tidal turbine	Prototype / industriel en cours	1, 1.5 et 2.2 MW	20 m de diamètre
	Lunar Energy	Royaume-Uni	Rotech	Prototype / industriel en cours	1 MW	12 m de diamètre turbine (15m diam. Conduite)
	ALSTOM, EDF...	France	ORCA (Technologie de Clean Current)	Prototype	1MW	Hauteur 30m
	ALSTOM, EDF...	France	BELUGA 9	Prototype	1MW	Hauteur 20m
	Atlantis resources corporation	Australie	Série AS	Prototype	0.1, 0.5 et 1 MW	
	Blue Energy	Canada	Blue energy ocean turbine	Prototype	0.3 MW par unité	Rotor de 10 m de haut
	LGI	France	BluStream	Prototype en cours		
	Neptune Renewable Energy	Royaume-Uni	Proteus	Concept / prototype en cours	5 à 25 Kw (industriel) 0.125 à 0.25 MW (prototype) A long terme 1000 MW	
	Tidal Energy Pty Ltd	Australie	Turbine DHV	Prototype	5 MW	Rotor de 10 m de haut
Hydro Green Energy, LLC	Etats-Unis	Kensington	Concept	0.5 MW		
Hydrolienne à axe vertical 	Ecocinetic	France	Hydroomel	Prototype / Industriel en cours	0.04 MW	1.70 m de Hauteur
	Flucon BV et SMI	Norvège	Flumill	Prototype en test / pré-industriel	1.5 MW	
	Neo-aerodynamic Ltd Company	Etats-Unis	Neo-aerodynamic	Prototype / Industriel en cours	0.01 à 3 MW	
	New Energy Corporation	Canada	Power generation	Prototype / industriel	Industriel : 5 à 25kW Prototype : 0,125 à 0,25MW	8 m de diamètre
	Ecofys	Pays-bas	Wave Rotor	Prototype	30 Kw Par Unité	
	Free Flow 69	Etats-Unis	Osprey	Prototype	20 kw	
	LEGI	France	Harvest	Prototype	0.01 à 3 MW	
	Ponte di Archimede	Italie	Kobold	Prototype	0.125 MW par module de 4 unités	
	Sea power International AB	Suède	Exim	Prototype	1 à 2 MW	
	GCK Technology	Etats-Unis	Gorlov Helical Turbine	Concept	0.03 MW	
	Hydrokinetic Laboratory	Etats-Unis	HyPEG	Concept	8 MW	Dimensions de 20 m de haut et 50 m de diamètre (emprise)
	Hydroptère oscillatoire 	The Engineering business	Royaume-Uni	Stingray	Prototype / pré-industriel	0.15 MW (prototype) 5 MW (pre-commercial)
BioPower Systems		Australie	BioStream	Prototype	0.25, 0.5 et 1 MW	
Pulse Generation		Royaume-Uni	Pulse tidal turbine	Prototype	1 MW	
Robert Gordon University		Royaume-Uni	Sea Snail	Prototype		
Carmelo Vellon		Espagne	Device for the power advantage of sea currents	Concept	150 Kw	
Autres	Hydro Gen	France	Hydro Gen	Industriel	0.5 MW	
	Aqua Energy Solutions	Norvège	AES	Prototype / industriel en cours	5 MW	
	Vortex Hydro Energy	Etats-Unis	Vivace	Prototype	0.2 à 2.5 MW	
	Atlantis resources corporation	Australie	Aquanator	Prototype		
	Atlantis resources corporation	Australie	Série AN	Prototype	1 MW	
	Minesto AB	Suède	Deep Green	Prototype		
	Water Wall Turbine	Etats-Unis	WWTurbine	Prototype	0.02, 0.1 et 1 MW à long terme	

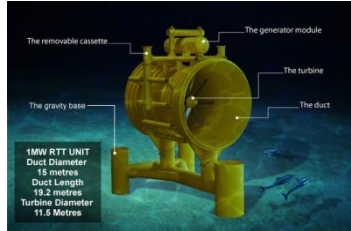
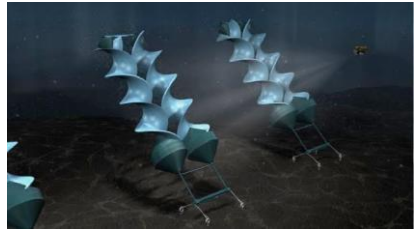
ANNEXE II : TECHNOLOGIE – STADE DE DEVELOPPEMENT PRE-INDUSTRIEL OU INDUSTRIEL

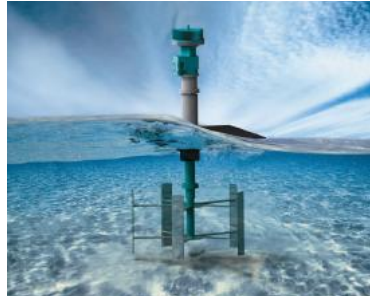
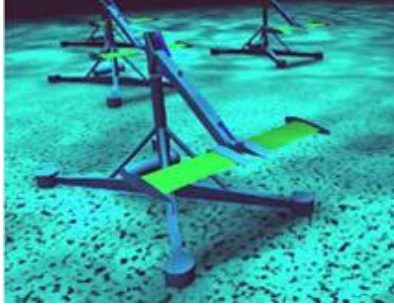
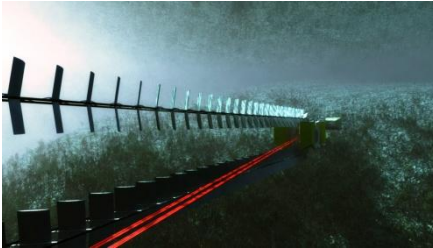
Technologie – Stade de développement pré-industriel ou industriel

Famille	Entreprise	Pays	Techno.	Description technique	Stade de développement	Puissance et dimensions	Expérimentation en cours	Atouts	Faiblesses	Adaptabilité sur la zone d'étude
Hydrolienne à axe horizontal	Atlantis resources corporation www.atlantisresourcescorporation.com	Australie	SERIE AK	 - Double turbine à axe horizontal - Fondation sur monopieu	Prototype / industriel en cours	1 à 2 MW Diam. 18m	Expérimentation sur le site de l'EMEC en 2011 (AK1000 1MW)	Structure entièrement immergée	Fondation sur monopieu	Fondations sur pieux non compatibles avec des fonds rocheux.
	Free Flow Power Corporation (Verdant Power) www.free-flow-power.com	Etats-unis	SMARTURBINE	 - Turbine bi-directionnelle à axe horizontal. - Structure permettant d'être fixée sur ouvrages existant. - Installation de type flottant.	Industriel	0.13 MW par unité	Test et installations dans la rivière du Mississippi	- Application fluviale. - Implantation indépendante ou sur structures existantes. - Modularité.		Type d'ancrage non applicable aux sites bas-normands ; Usage actuellement uniquement en rivière
	Hammerfest Strom www.tidevannsennergi.com	Norvège	TIDAL STREAM TURBINE	 Turbine à axe horizontal bidirectionnel Fondations de type gravitaire	Prototype taille réelle / industriel en cours	1 MW Diam. 20m	 - Prototype de 300 kW installé en 2003 à Kvalsund, Norvège pendant une période de trois à quatre ans. - Prototype pré-commercial de 1 MW en test sur le site de l'EMEC.	Entièrement immergée, invisible et autorise la navigation.	Maintenance?	Technologie potentiellement adaptable aux sites bas-normands
	Hydra Tidal Energy Technology AS www.hydratidal.com	Norvège	MORILII	 - Turbines bi-directionnelles à axe horizontal. - Installation de type flottant. - Rotors en bois lamellé-collé. - Immersion par système de ballast.	Prototype / pré-industriel	- Prototype en test de 1.5 MW. - Diam. 23m	 Prototype en test sur le site de Lofoten (Norvège).	Application marine sur différentes profondeurs.	Installation flottante pouvant représenter une entrave à la navigation.	Fondations (flottantes) non compatibles avec le trafic maritime

Famille	Entreprise	Pays	Techno.	Description technique	Stade de développement	Puissance et dimensions	Expérimentation en cours	Atouts	Faiblesses	Adaptabilité sur la zone d'étude
Hydrolienne à axe horizontal	Hydrohelix www.sabella.fr	France	SABELLA	 - Turbine bidirectionnelle à axe horizontal. - Fondations de type gravitaire. - Générateur et rotor dissociables du reste de la structure pour la maintenance.	Pré-industriel	0.2 à 0.5 MW Diam. 10m	- Prototype D03 installé en 2008 et testé pendant un an sur le site de l'estuaire de Benodet. - Prototype D10 pré-industriel d'une puissance de 0.2-0.5MW. - Projet de mise en place d'une ferme hydrolienne de démonstration à Ouessant totalisant une puissance de 1.5 MW. - Projet d'installation d'un prototype dans le fleuve Saint-Laurent (Canada).	- Entièrement immergée, invisible et autorise la navigation. - Système simple et robuste. - Système relevable pour la maintenance.		Technologie potentiellement adaptable aux sites bas-normands
	Marine current Turbines www.marineturbines.com	Royaume-Uni	SEAGEN, SEAFLOW	 - Double turbine bi-directionnelle à axe horizontal. - Fondation sur monopieu	Industriel	1.2 MW (5 MW à terme) Diam. 16m	 - Prototype de 300 kW installé en 2003 et retiré en 2009 à Lynmouth, Royaume-Uni. - Prototype pré-industriel de 1.2 MW installé en 2008 à Strangford Lough, Irlande. - Projet d'une ferme marine de 10.5 MW au large de l'île d'Anglesey, Royaume-Uni prévu pour 2011.	- Maintenance aisée en surface par relèvement des rotors. - Possibilité d'une structure totalement immergée.	- La partie émergée peut engendrer une gêne pour la navigation. - Installation difficile. - Visibilité.	Technologie potentiellement adaptable aux sites bas-normands Mais fondations (pieux émergeant) non compatibles avec fonds rocheux et trafic maritime
	Marine current Turbines www.marineturbines.com	Royaume-Uni	U-SEAGEN		Prototype	3MW Diam : 20 m		Maintenance aisée Possibilité d'une structure totalement immergée	- La partie émergée peut engendrer une gêne pour la navigation.	Technologie potentiellement adaptable aux sites bas-normands Partie émergée réduite (bouée)
	Natural Currents Energy Services www.naturalcurrents.com	ETATS-UNIS	RED HAWK	 Turbine à axe horizontal	Prototype / industriel en cours		- Site de démonstration à Wards Island en 2009. - Sites de démonstration dans le New Jersey et à New-York. - En phase de commercialisation courant 2010.	-Application marine ou fluviale.		Type d'ancrage (pile) non applicable aux sites bas-normands

Famille	Entreprise	Pays	Techno.	Description technique	Stade de développement	Puissance et dimensions	Expérimentation en cours	Atouts	Faiblesses	Adaptabilité sur la zone d'étude
Hydrolienne à axe horizontal	Open Hydro	Irlande	OPEN HYDRO	 - Turbine bidirectionnelle à axe horizontal. - Fondations de type gravitaire.	Industriel	0.5 à 1MW Diam. 16m, Hauteur total e21m	- Site d'essai de l'EMEC (Ecosse) en 2006 et 2008 - Site d'essai de Bréhat-Paimpol : mise en place de 4 hydroliennes (en cours)	Application marine Machines immergées Technologie très avancée		Technologie potentiellement adaptable aux sites bas-normands
	Tidal generation Limited www.tidalgeneration.co.uk	Royaume-Uni	DEEP GEN	 - Turbine bi-directionnelle à axe horizontal - Fondations de type gravitaire - Générateur et rotor dissociables du reste de la structure pour la maintenance	Prototype taille réel / industriel en cours	0.5 à 1 MW Prototype de 1MW : diam. 18m ; hauteur totale : 28m	Réalisation d'un prototype en cours pour une installation sur le site de l'EMEC en 2010. Commercialisation prévu en 2013	- Structure entièrement immergée. - Construction légère.		Technologie potentiellement adaptable aux sites bas-normands
	Tocado Tidal Energy Ltd www.tocado.com	Pays-Bas	TOCARDO AQUA 2800	 - Turbine bi-directionnelle à axe horizontal. - Structure permettant d'être fixée sur ouvrages existant. - Installation de type flottant.	Industriel / prototype en cours	0.035 à 0.15 MW Prototype de 0.5 MW Diam. 20m	 - Prototype pré-commercial testé à Pentland firth, Royaume-Uni - Turbines installées en version de 50 et 150 kW sur plusieurs sites au Pays-Bas		- Installation flottante pouvant représenter une entrave à la navigation.	Fondations (pile de pont) non compatibles avec trafic maritime
Hydrolienne – effet Venturi	Clean Current Power Systems Technologie retenue par Alstom www.cleancurrent.com	Canada France	CLEAN CURRENT TIDAL TURBINE	 - Turbine bi-directionnelle horizontale à effet venturi avec générateur magnétique à transmission directe et vitesse variable. - Fondation sur monopieu. - Structure entièrement immergée.	Prototype taille réelle / industriel en cours	1, 1.5 et 2.2 MW Diam. 20m	 - Turbine testée sur le site de Race Rocks (Canada) en 2008. - Projet ORCA sur le site de Bréhat avec l'installation de quatre machines (Alstom).		- Faibles fonds nécessaires pour une installation sur pieu	Technologie potentiellement adaptable aux sites bas-normands
	ALSTOM	France	BELUGA 9 ET ORCA		Prototype	1MW Hauteur 20 à 30m				

Famille	Entreprise	Pays	Techno.	Description technique	Stade de développement	Puissance et dimensions	Expérimentation en cours	Atouts	Faiblesses	Adaptabilité sur la zone d'étude
	Lunar Energy (Technologie retenue par Gécocéan pour le projet du Raz Blanchard) www.lunarenergy.co.uk	Royaume-Uni	ROTECH	 - Turbine bi-directionnelle horizontale à effet venturi. - Fondations gravitaires à système de ballast. - Générateur et rotor dissociables du reste de la structure pour l'entretien. - Structure entièrement immergée	Prototype taille réelle / industriel en cours	1 MW Diam. 12-15m	- Prototype testé à L'EMEC depuis 2008. - Premier développement commercial au Royaume-Uni prévu en 2011 en partenariat avec EoN sur le site St Davids Head - Welsh Coast. - Projet de ferme marine de 300 MW dans les eaux Coréennes prévu pour 2015. - Projet prévu sur le site du Raz Blanchard (Gécocéan).	- Entièrement immergée, invisible, autorise la navigation. - Système relevable pour la maintenance.		Technologie potentiellement adaptable aux sites bas-normands
Hydrolienne à axe vertical	Ecocinetic www.ecocinetic.fr	France	HYDROOMEL	 - Système hydrolien à flux transverse robuste, omnidirectionnel dit « vertical ». - Générateur périphérique sans contact et sans démultiplication mécanique. - Ancrage sur ouvrage ou sur le fond.	Prototype / pré industrialisation Recherche d'investisseurs	À 2,5 m/s de courant : - Module de 2 m de long produit 8,6 kW instantané par unité soit 34,3 MW annuel (4000h soit 45% du temps). - Module de 4 m de long produit 34 kW instantané par unité, soit 137,5 MW annuel (4000h soit 45% du temps)	 - Simulation numérique. - Test en canal hydraulique. - Implantation sur veine de courant en milieu naturel.	- Entièrement immergé et invisible. - Module interchangeable pour la maintenance	Fondations. Milieu fluvial	Technologie (pile de pont et petite unité) non compatible avec les sites bas-normands
	Flucon BV, SMI www.flumill.co.uk	Norvège	FLUMILL	 - Système à axe vertical composé de deux "vis de forages", côte à côte. - Fondations de type gravitaire.	Prototype / pré-industriel	- Prototype en test de 1.5 MW. - Version finale jusqu'à 4 MW.	- Le prototype termine sa phase de test courant Automne 2011.	- Application en mer (nearshore et offshore), fluviatile ou lacustre. - Coût d'installation et d'entretien bas. - Peu d'impact sur les fonds marins.		Technologie potentiellement adaptable aux sites bas-normands mais incertitude de sa robustesse (tenue dans des zones de très forts courants ?)
	Neo-aerodynamic Ltd Company www.neo-aerodynamic.com	ETATS-UNIS	NEO-AERO-DYNAMIC	- Turbine à axe vertical multi-directionnel. - Installation de type flottant	Prototype / Industriel en cours	0.01 à 3 MW			- Installation flottante pouvant représenter une entrave à la navigation.	Fondations non compatibles avec le trafic maritime

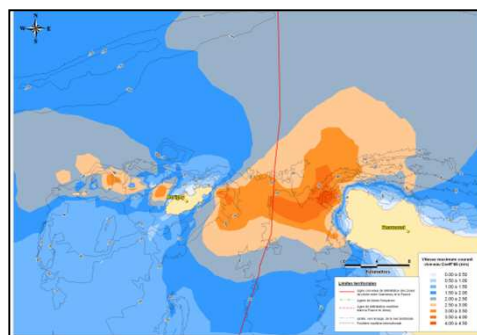
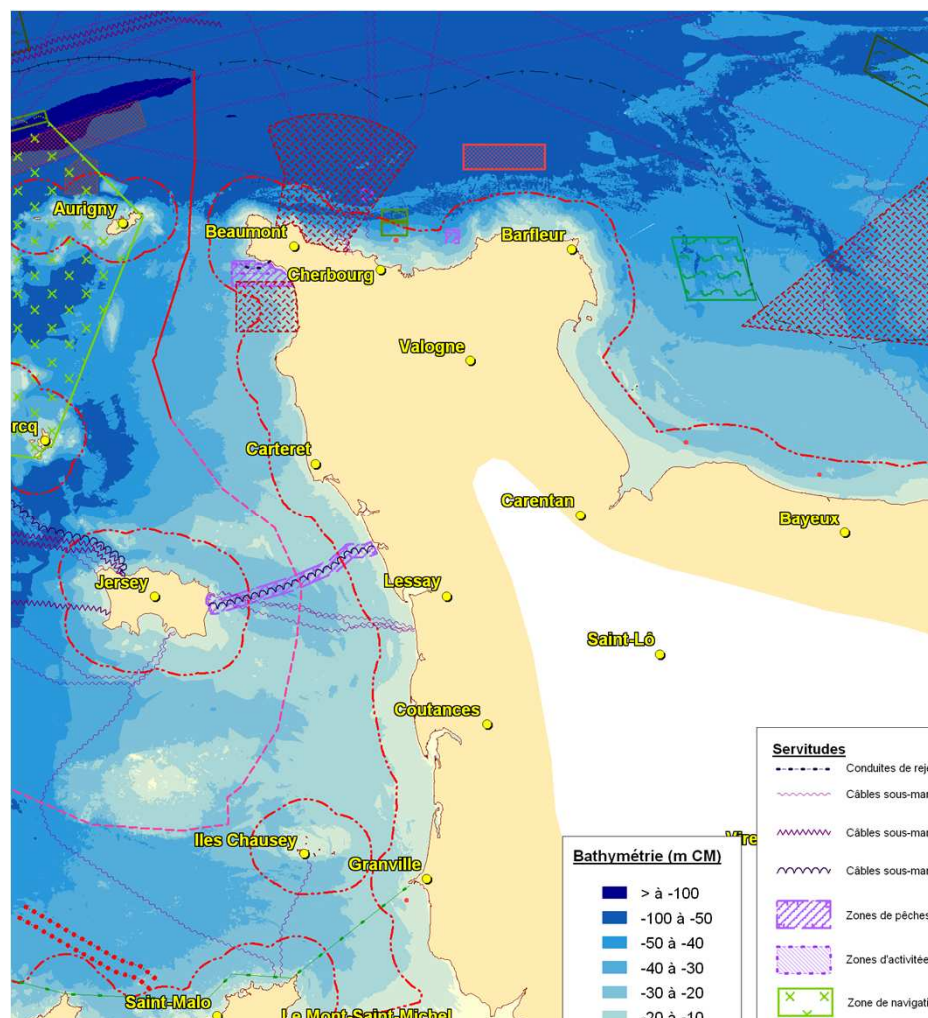
Famille	Entreprise	Pays	Techno.	Description technique	Stade de développement	Puissance et dimensions	Expérimentation en cours	Atouts	Faiblesses	Adaptabilité sur la zone d'étude
	New Energy Corporation www.newenergycorp.ca	Canada	POWER GENERATION	 - Turbine à axe vertical multi-directionnel. - Installation de type flottant - Générateur et train de transmission hors de l'eau pour une facilité d'entretien.	Prototype taille réelle / industriel	5 à 25 kW (industriel) 0.125 à 0.25 MW (prototype) Diam. 8m	 - Deux sites test Chestermere et Calgary (Canada). - Deux sites en exploitation avec 30 kW et 5 kW, Pointe du Bois et Ruby (Canada). - Plusieurs projet en cours dont une installation de 500 kW à Campbell river (Canada).		Installation flottante pouvant représenter une entrave à la navigation.	Fondations non compatibles avec le trafic maritime
Hydroptère oscillatoire	The Engineering business www.engb.com	Royaume-Uni	STINGRAY	 - Système à hydrofoil. - Fondations de type gravitaire.	Prototype / pré-industriel	- Prototype en test de 0.15 MW.	 - En test depuis 2003 sur le site de Yell Sound, Shetland Islands (Ecosse). - Prototype pré-commercial de 5 MW en prévision.	- Application marine sur différentes profondeurs.		Technologie potentiellement adaptable aux sites bas-normands, mais incertitude : - sur la hauteur globale de la machine (compatible avec le trafic maritime) - sur la robustesse du dispositif
Autres	Aqua Energy Solutions www.aquaenergy.no	Norvège	AES	 - Système dit à flux transverse (ailerons souples sur filins).	Prototype / pré-industriel	- Prototype en testé de 5 MW. - Puissance finale en fonction de la longueur de l'installation.	- Prototype de 5 MW testé en mai 2009. - Second prototype, celui-ci à échelle réduite en préparation pour 2013.	- Application en pleine mer, passe et détroits. - Technologie simple et peu coûteuse.		
	Hydro Gen www.hydro-gen.fr	France	HYDRO GEN	 - Utilisation du principe de la roue à aube. - Installation de type flottant.	Industriel	0.02, 0.1 et 1 MW à long terme	- Prototype de 10 kW mis en place depuis 2005 sur le site de l'Aber Wrach. - Hydroliennes de 20 à 100 kW commercialisables. - Projet d'hydrolienne de puissance 1 MW.	- Simple. - Bas coût.	- Obstacle à la navigation. - Eventuelle vulnérabilité en surface.	Dispositif flottant non compatible avec le trafic maritime

ANNEXE III : FICHES - ETUDE DE CAS

DETERMINATION DU POTENTIEL HYDROLIEN EN BASSE-NORMANDIE

Présentation des principales technologies et applicabilité au domaine côtier régional

Annexe III : Fiches – Etude de cas



Turbine à axe horizontal : Marine Current Turbine

Turbine à axe horizontal : Tidal Stream turbine

Turbine à axe horizontal : Sabella

Turbine à axe horizontal : Open Hydro

Turbine à effet Venturi : Clean Current Tidal Turbine

Technologie : Seagen

Localisation : Strangford Lough,
Irlande du nord.

Etat : Industriel

Puissance : 1,2 MW

Dimensions : Mat de 41 m, Ø 3 m
Support des turbines de 29 m
Rotors de 16 m

Nombre de machine sur site : 1

Principe de fonctionnement :

La technologie SeaGen utilise les courants de marée pour produire de l'électricité. Elle consiste en deux rotors bidirectionnels sur un portique élévateur relié à un pieu métallique ancré dans le sol. Le système d'élévateur permet de sortir hors de l'eau les rotors et les chaînes de transmission, rendant ainsi accessible facilement les parties sensibles du système pour leur entretien.



Atouts :

Maintenance aisée en surface par relèvement des rotors, possibilité d'une structure complètement immergée.

Faiblesses :

Visibilité, obstacle à la navigation et installation difficile.

Projet en développement :

Prototype de 300 kW installé en 2003 et retiré en 2009 à Lynmouth, Royaume-Uni.

Prototype pré-industriel de 1.2 MW installé en 2008 à Strangford Lough, Irlande.

Projet de 10,5 MW au large de l'île d'Anglesey, Royaume-Uni prévu pour 2011.

Projet d'une ferme marine de 100 MW sur le site de Brough Ness, Ecosse.

Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du logement de Basse-Normandie - DETERMINATION DU POTENTIEL HYDROLIEN EN BASSE-NORMANDIE - Présentation des principales technologies et applicabilité au domaine côtier régional (Février 2012)

Technologie : Tidal Stream turbine

Localisation : Kvalsund,
Norvège.

Etat : Prototype

Puissance : 1 MW

Dimensions : Rotor de 20 m.

Nombre de machine sur site : 1



Principe de fonctionnement :

Le principe repose sur l'effort de portance subi par une pale, dans le courant. Cette force sur les pales engendre une rotation autour d'un axe horizontal.

Le rotor est bidirectionnel, fixé sur une structure tripode faisant office de fondation gravitaire, Le tout étant intégralement immergé.



Atouts :

Structure entièrement immergée autorisant la navigation, aucun impact visuel.

Faiblesses :

Maintenance?

Projet en développement :

Prototype de 300 kW installé en 2003 à Kvalsund, Norvège pendant une période de trois à quatre ans.

Prototype pré-commercial de 1 MW prévu sur le site de l'EMEC pour 2011.

Technologie : Sabella

Localisation : Benodet, France

Etat : Prototype

Puissance : 40 kW

Dimensions : Fondation gravitaire : 16 x 12 m.
Rotor : 3 m

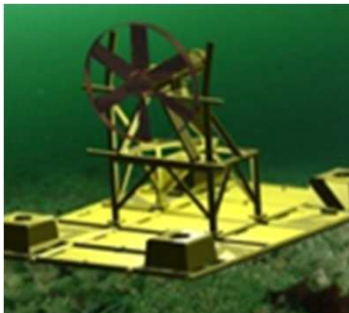
Nombre de machine sur site : 1



Principe de fonctionnement :

Le principe repose sur l'effort de portance subi par une pale, dans le courant. Cette force sur les pales engendre une rotation autour d'un axe horizontal.

Le rotor est bidirectionnel sur une structure rectangulaire faisant office de fondation gravitaire, le tout étant intégralement immergé.



Atouts :

Structure entièrement immergée autorisant la navigation, aucun impact visuel.
Système simple et robuste, générateur et rotor relevable pour la maintenance.

Faiblesses : /

Projet en développement :

Prototype D03 installé en 2008 et testé pendant un an sur le site de l'estuaire de Benodet.

Projet d'un prototype D10 pré-industriel d'une puissance de 200 à 500 kW.

Projet de mise en place d'une ferme hydrolienne de démonstration à Ouessant totalisant une puissance de 1,5 MW.

Projet Estuaire Saint-Laurent (Canada)

Technologie : Open Hydro

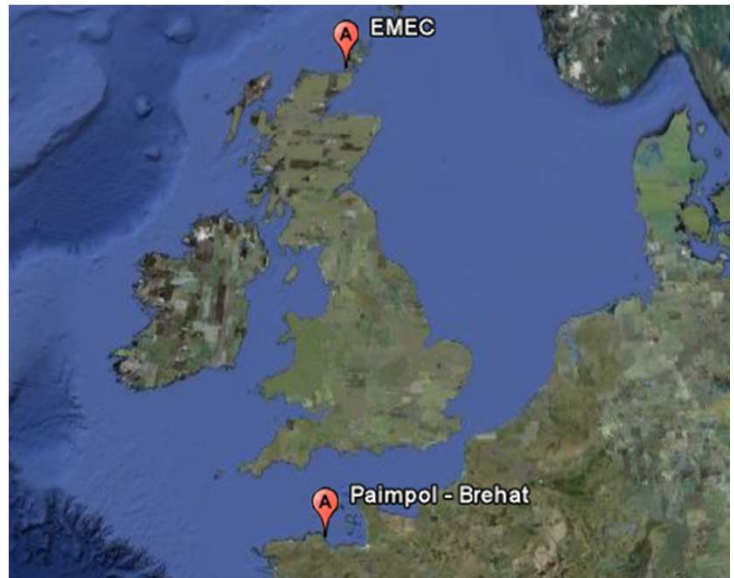
Localisation : EMEC (Ecosse) et Bréhat, France

Etat : Prototype / Pré-industriel

Puissance : 500 kW/unité

Dimensions : Fondation gravitaire, poids : 690t, Rotor : 16 m, Hauteur totale de la machine : 21m

Nombre de machine sur site : 4 (Bréhat)



Principe de fonctionnement :

Le principe repose sur l'effort de portance subi par une pale, dans le courant. Cette force sur les pales engendre une rotation autour d'un axe horizontal.

Le rotor bidirectionnel est monté sur une structure métallique ballastée de type support gravitaire en forme de tripode, le tout étant intégralement immergé.



Atouts :

Structure entièrement immergée autorisant la navigation, aucun impact visuel. Système simple et robuste, générateur et rotor relevable pour la maintenance.

Faiblesses : /

Projet en développement :

Prototype testé en 2006 et 2008 sur le site d'essai de l'EMEC

Machines en cours de pose sur le site démonstrateur de Paimpol-Bréhat (2011) : La profondeur au droit des machines est de 35m.

Technologie : Clean Current Tidal Turbine

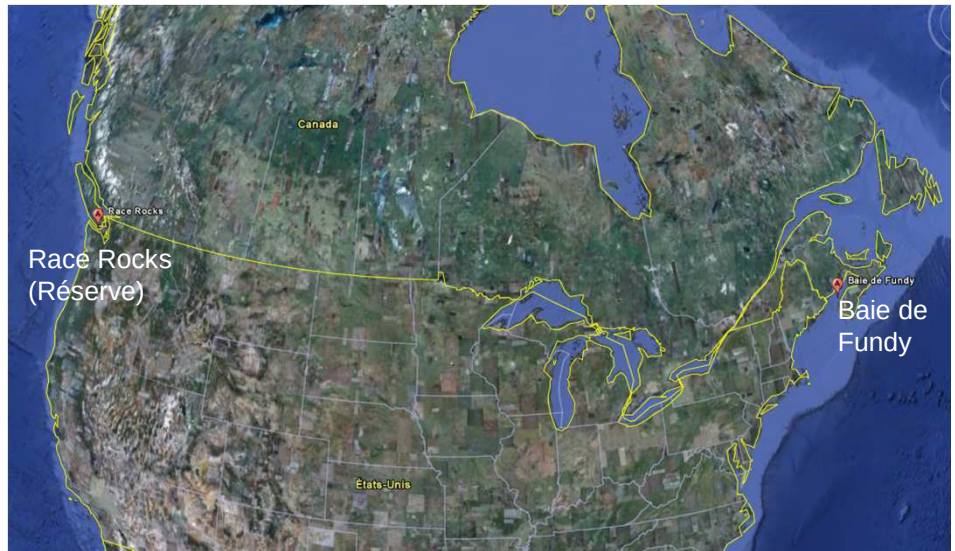
Localisation : Canada (test réalisé dans la Réserve Race Rocks et dans la Baie de Fundy)

Etat : Prototype / Pré-industriel

Puissance : 1 à 2.2 MW kW/unité

Dimensions : Diam. 20m

Nombre de machine sur site : 1



Principe de fonctionnement :

Le principe repose sur l'effort de portance subi par une pale, dans le courant. Cette force sur les pales engendre une rotation autour d'un axe horizontal.

De plus, un carénage est disposé en périphérie du rotor (effet Entonnoir –Venturi-) pour augmenter le débit passant dans le rotor, et donc augmenter la puissance.



Atouts :

Structure entièrement immergée autorisant la navigation, aucun impact visuel.
Système simple et robuste, générateur et rotor relevable pour la maintenance.
Système testé en prototype depuis de nombreuses années

Faiblesses : /

Projet en développement :

2006 : prototype Clean Current 1 (1MW à 2.6m/s) testé à Race Rocks
2007 : prototype Clean Current 1,5 (1,5MW à 3,25m/s) testé à Race Rock
2008 : prototype Clean Current 2 (2MW) testé dans la Baie de Fundy
2009 : prototype Clean Current 2,2 (2,2MW à 4,1m/s) testé dans la Baie de Fundy
Projet de Beluga 9 (diam. 13m, hauteur machine 20m, 1MW à 3.5m/s)

DIRECTION REGIONALE DE L'ENVIRONNEMENT, DE L'AMENAGEMENT ET DU LOGEMENT DE BASSE-NORMANDIE

DETERMINATION DU POTENTIEL HYDROLIEN EN BASSE-NORMANDIE

SYNTHESE

DOCUMENT FINAL

SEPTEMBRE 2012

N°171 3186

1. INTRODUCTION – CONTEXTE GENERAL

L'objectif pour la France est d'atteindre 23 % d'énergies renouvelables dans la consommation d'énergie finale à l'horizon 2020. Avec ses zones maritimes de l'ordre de 11 millions de km², la France dispose d'un fort potentiel de développement pour les énergies renouvelables de la mer.

La Région Basse-Normandie, les acteurs économiques et industriels locaux sont fortement engagés dans le développement de la filière. Plusieurs projets privés sont aujourd'hui en développement sur le territoire bas-normands.

Dans ce cadre et pour encadrer ce développement, la DREAL Basse-Normandie a lancé une étude visant à définir le potentiel hydrolien (gisement, superficie...) sur la zone régionale et déterminer les zones potentielles d'implantation de fermes hydroliennes. L'objectif de cette étude est :

- De faire une synthèse des données existantes ;
- D'identifier les sites marins mobilisables pour la production d'énergie et d'évaluer les degrés de contraintes à la mise en œuvre des technologies sur ces sites ;
- D'évaluer les capacités maximales et productibles énergétiques mobilisables à court, moyen et long terme ;
- De préciser les cadres juridiques et réglementaires de réalisation.

Ce document présente la synthèse de cette étude.

2. IDENTIFICATION DES TECHNOLOGIES POTENTIELLES

2.1. RAPPEL DU PRINCIPE

L'énergie des courants (hydrocinétique ou hydrolienne) correspond à l'exploitation de l'énergie cinétique des masses d'eau mises en mouvement par les courants marins.

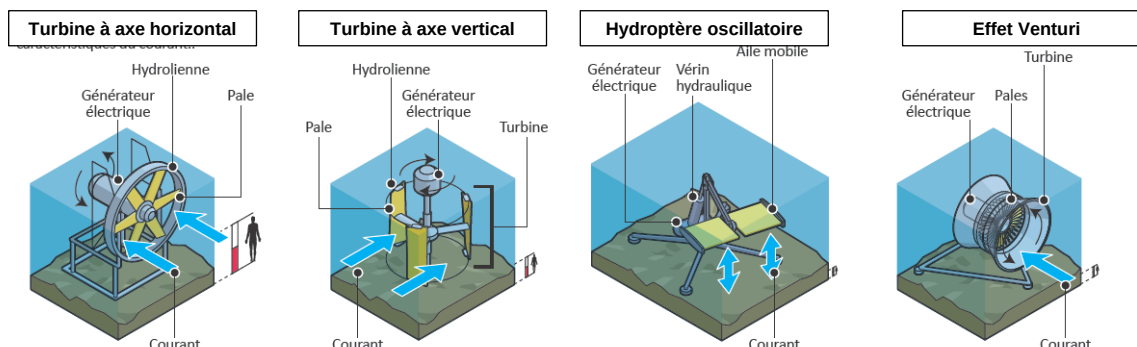
Par rapport au système marémoteur (exemple : usine de la Rance), les systèmes hydroliens ne nécessitent pas de construire des barrages, dont les impacts environnementaux sont contestés ; de plus, les sites sont plus nombreux.

Enfin, cette récupération de l'énergie des courants présente l'avantage d'être prédictible.

2.2. DIFFERENTS TYPES DE DISPOSITIFS DE CONVERSION D'ENERGIE DES COURANTS

Il existe principalement 4 dispositifs de conversion d'énergie des courants :

Figure 1 : dispositifs de conversion d'énergie des courants



Source : Commission Energies Marines SER

Parmi ces 4 familles, on distingue également deux catégories de technologies :

- les machines de forte puissance (0,5 à 1 MW), installées par groupe de quelques machines (site pilote/ démonstrateur, pré industriel) ;
- les machines hydroliennes de faible puissance (10 à 50 kW), installées dans des veines de courant, d'estuaires ou sur des piles de pont.

Au niveau de la Basse Normandie, les sites potentiels pour implanter des hydroliennes sont très énergétiques. Ils nécessitent la mise en œuvre de turbines de forte puissance, robustes et résistantes aux agents météo-océaniques extrêmes.

Figure 2 : Exemples de turbines forte puissances

Turbine à axe horizontal : Marine Current Turbine (SEAGEN) Source : SEAGEN	Turbine à axe horizontal Sabella D10 Source : SABELLA	Turbine à axe horizontal : Open Hydro Source : OPEN HYDRO	Turbine à axe horizontal HAMMERFEST STROM Source : HAMMERFEST STROM
Turbine à axe horizontal TIDAL GENERATION LIMITED Source : TIDAL GENERATION LIMITED	Turbine à axe horizontal VOITH HYDRO Source : VOIHT HYDRO	Turbine à effet Venturi : LUNAR ENERGY Source : LUNAR ENERGY	Turbine à effet Venturi : CLEAN CURRENT TIDAL TURBINE (ALSTOM) Source : CLEAN CURRENT TIDAL

3. GISEMENT

3.1. DEFINITION DU GISEMENT

Dans le cadre de la planification des Energies Marines, le CETMEF a établi plusieurs critères pour déterminer les zones potentielles des hydroliennes (ces seuils font actuellement l'objet de discussion) :

Tableau 1 : Critères CETMEF 2009 pour la détermination des zones potentielles

	Défavorable	favorable
Courant	$V < 1.5 \text{ m/s}$ et $V > 4.5 \text{ m/s}$	$1.5 \text{ m/s} < V < 4.5 \text{ m/s}$
Bathymétrie	Cote des fonds $< -25 \text{ m CM}$	Cote des fonds $> -25 \text{ m CM}$
Remarque : V : correspond à la vitesse moyenne annuelle pour des vives-eaux (coefficient 95)		

3.2. DETERMINATION DU GISEMENT

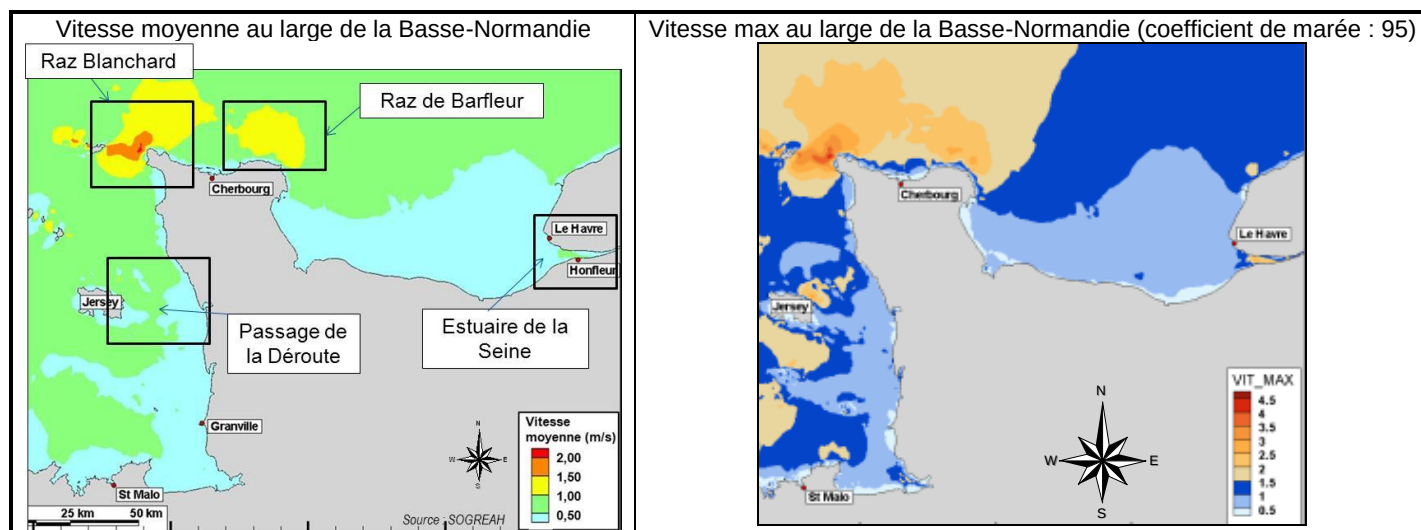
Afin d'identifier les zones favorables à l'implantation d'hydroliennes, ARTELIA a mis en œuvre une modélisation des champs de courants sur la zone d'étude : ce modèle permet de caractériser les vitesses et directions des courants sur la région Basse-Normandie.

Les résultats du modèle croisés aux critères du CETMEF permettent d'identifier 4 sites dont le gisement est important :

- le passage de la Déroute entre Portbail et Jersey : le gisement se situe essentiellement à l'Est immédiat de l'Île, hors des eaux françaises ;
- le Raz Blanchard : le gisement est plus important dans la partie Est du Raz Blanchard, soit coté français ;
- le Raz de Barfleur : le potentiel se situe essentiellement sur la façade Nord du Raz, entre le Cap Levi et la Pointe de Barfleur ;
- Le chenal dans l'estuaire de la Seine.

Ce dernier ne peut être retenu du fait des usages portuaires (ports du Havre et de Rouen) qui ne permettent pas une installation des machines.

Figure 3 : Résultats du modèle courantologique – identification des sites potentiels hydroliens

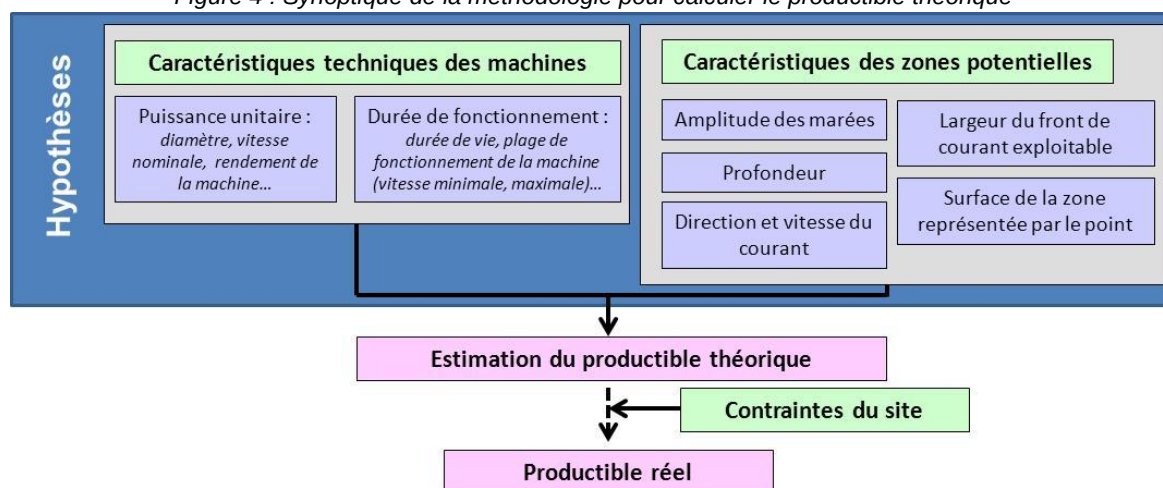


4.DETERMINATION DU POTENTIEL ENERGETIQUE

La grande majorité des technologies de conversion d'énergie marine n'ont pas atteint leur phase industrielle et les caractéristiques des machines restent confidentielles. Par conséquent, un certain nombre d'hypothèses a été émis concernant les caractéristiques techniques des machines.

Le synoptique ci-dessous représente la méthodologie utilisée pour déterminer le productible théorique en Basse Normandie. Ce potentiel a été calculé pour les 3 sites retenus du fait de leur gisement potentiel (chaque site a été découpé en zones d'iso-profondeurs et d'iso-vitesses) :

Figure 4 : Synoptique de la méthodologie pour calculer le productible théorique



Le potentiel théorique en Basse-Normandie a été estimé à près de 7 TWh/an de production d'électricité (ce qui correspond à la production d'environ un réacteur nucléaire en France en 2010) répartis sur les trois sites suivants :

- Raz Blanchard : 5,4 TWh ;
- Ras de Barfleur : 1,4 TWh ;
- Passage de la Déroute : 0,05 TWh.

Le site du Raz Blanchard (partie française), auquel peut être ajoutée la partie « Aurigny », correspond à un site de production potentielle très important à l'échelle européenne et mondiale.

Néanmoins il existe des incertitudes autour du productible réel par rapport à ce productible théorique du fait :

- des caractéristiques réelles des machines (hauteur, vitesse min et max) ;
- des contraintes d'implantation des machines sur les trois sites :
 - Contraintes physique des sites : bathymétriques (hauteur d'eau, irrégularités des fonds...), nature des fonds... ;
 - Enjeux environnementaux : NATURA 2000, ... ;
 - Contraintes réglementaires : zones militaires, zone d'attentes de navigation, câbles... ;
 - Usages (chenal, tirant d'eau des bateaux à prendre en compte, pêche...) : ils constituent un enjeu majeur des projets ;
 - d'une méconnaissance du comportement des courants traversant un parc hydrolien (resourcing, distance intermachines,...)

Figure 5 : Synoptique de la méthodologie pour identifier des zones potentielles d'implantation des hydroliennes

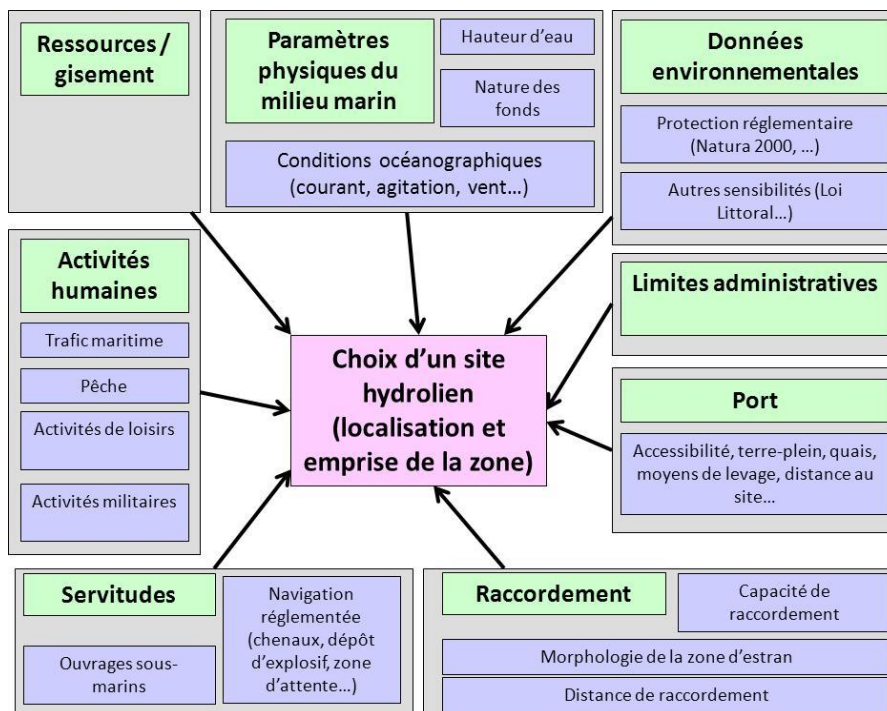
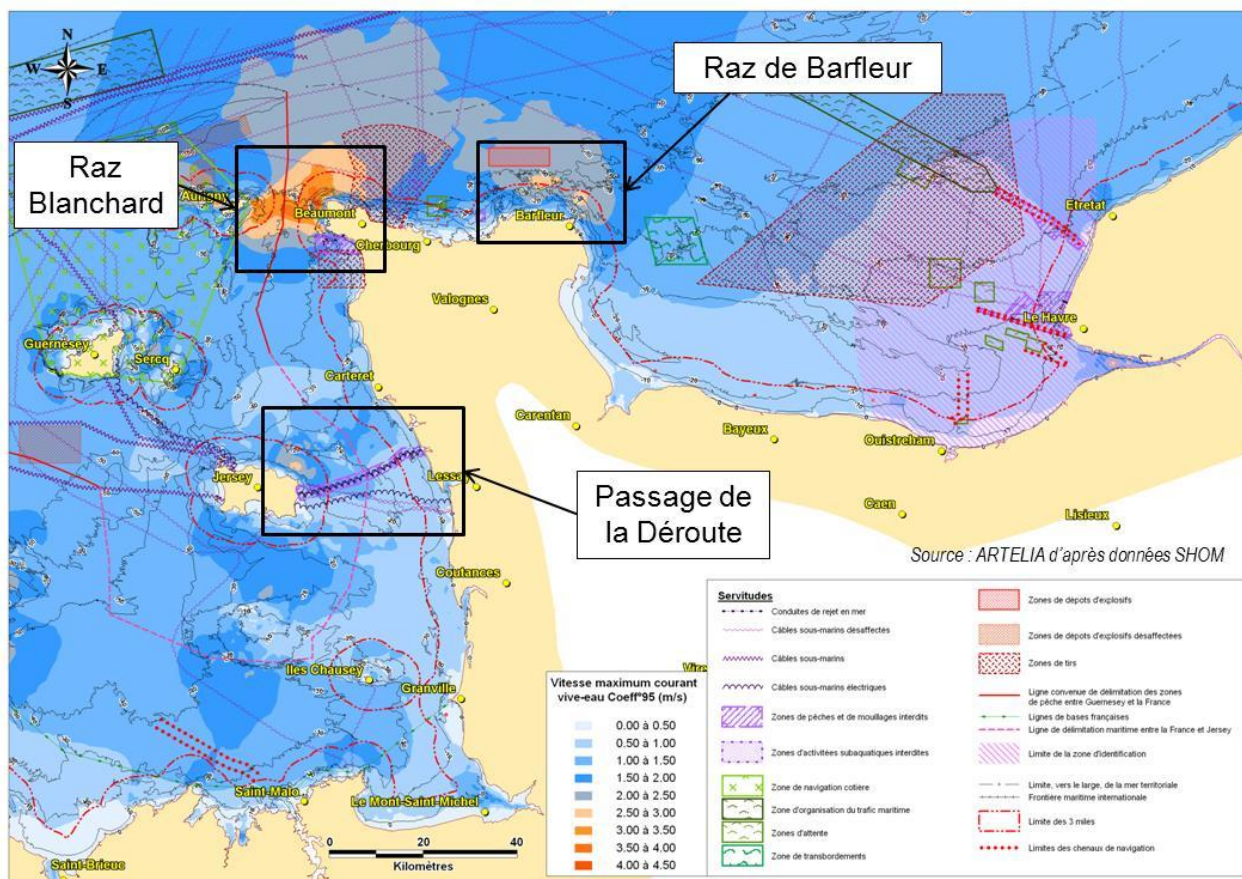


Figure 6 : Carte de synthèse des différentes contraintes en Basse-Normandie, à prendre en compte dans la détermination du choix du site hydrolien

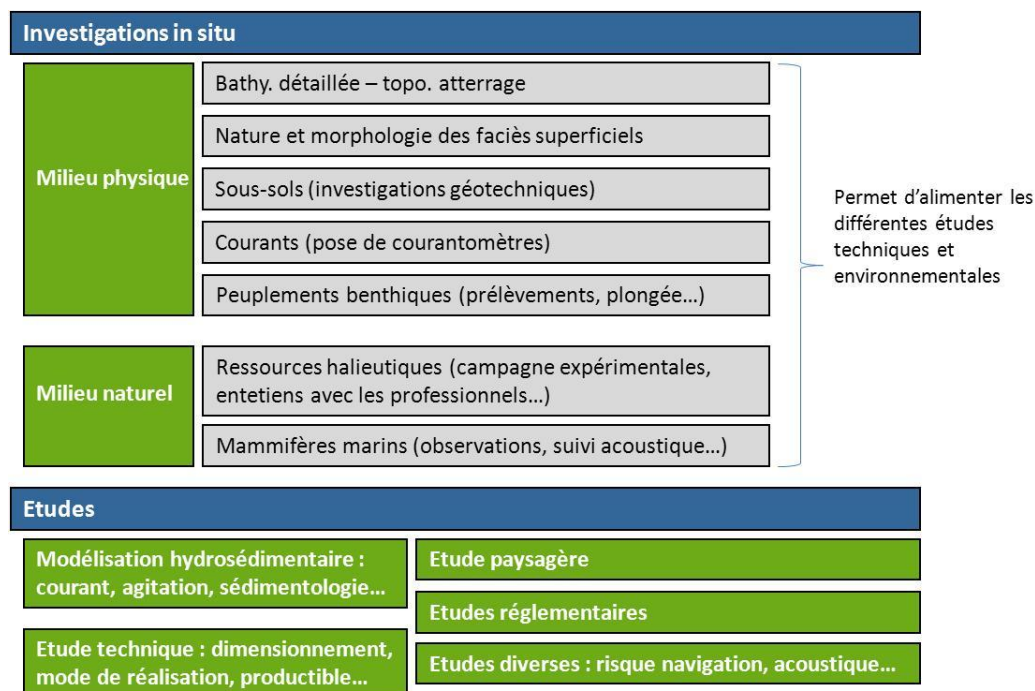


5. ETUDES ET INVESTIGATIONS A REALISER

Une fois le site d'implantation d'hydroliennes retenu, des investigations in situ et des études complémentaires suivantes seront réalisées dans un objectif :

- Technique : définir-dimensionner-chiffrer le projet hydrolie ;
- Environnemental : définir-identifier les impacts potentiels du projet sur son environnement (impacts sur les fonds, sur la faune et la flore, sur la navigation...) et les mesures d'accompagnement/compensatoires à réaliser si nécessaire.

Figure 7 : Investigations et études complémentaires à réaliser



Du fait de l'ampleur de ce type de projet et de sa localisation (en mer avec utilisation du DMP), les dossiers réglementaires à réaliser sont, à minima :

- Etude d'impact ;
- Demande d'autorisation au titre du Code de l'Environnement ;
- Demande d'occupation du domaine public maritime ;
- Dossier d'évaluation des incidences Natura 2000 ;
- Dossier d'enquête publique ;
- Demande de permis de construire pour la poste de livraison à terre...