



# Projet de ferme pilote d'hydroliennes au Raz Blanchard

Mémoire de présentation pour la demande d'examen au cas par cas préalable à la réalisation éventuelle d'une évaluation environnementale

Dossier réalisé par le Bureau d'Etudes SINAY





Dossier d'examen au cas par cas 2021-NA10400278-4984071180		
Version 1	01-03-2022	
<b>Confidentiel Industrie</b> Copyright SINAY© 2021		
<b>Rédaction</b>	<b>Vérification</b>	<b>Approbation</b>
Sébastien Le Gac Fabrice Leroy	X	Jean Paul AUBERT
Chef de Projet	X	Raphael COQUET



SINAY est certifié ISO 9001, ISO 14001 et OHSAS 18001 par Lloyd's Register Quality Assurance pour sa Plateforme Big Data pour accélérer la création d'applications digitales maritimes ainsi que les supports associés pour la collecte de données en mer, l'analyse et le reporting notamment dans les domaines :

- Oil & Gas et shipping.
- Offshore et câbles,
- Ports et travaux maritimes,
- Pêches et halieutique,
- Énergies marines renouvelables,

## Partenaires impliqués dans l'élaboration du dossier d'examen au cas par cas

Thématiques	Titre de l'étude	Détail	Prestataire	Références dans le présent rapport
Anodes sacrificielles	Estimation de la quantité d'aluminium d'anode relarguée par un champ hydrolien dans la zone du raz Blanchard	-Estimation de la quantité d'aluminium relarguée par le système de protection cathodique  -Comparaison avec le projet EDF OpenHydro		Institut de la corrosion, 2021
Impacts acoustiques	Phase 1 : État initial du bruit ambiant sur la zone d'étude du Raz Blanchard.  Phase 2 : Étude des effets acoustiques du projet Parc hydrolien Normandie Hydro	Modélisation du bruit ambiant et du bruit généré par les hydroliennes en fonctionnement. Modélisation des impacts acoustiques sur les mammifères marins.		Sinay, 2021a
Sur-risque de collision avec les mammifères marins	Synthèse bibliographique Mammifère marin	Modélisation du risque entre les mammifères marins et les hydroliennes – Comparaison entre le projet PNHN et le projet FloWatt		Sinay, 2021b
Sur-risque de collision avec les oiseaux	Projet hydrolien du Raz Blanchard Synthèse bibliographique	Analyse bibliographique des espèces présentes  Évaluation du sur-risque de collision		Groupe ornithologique normand (GONm)

# 1 TABLES DES MATIERES

## 1.1 SOMMAIRE

<b>1</b>	<b>Tables des matières .....</b>	<b>1</b>
1.1	Sommaire .....	1
1.2	Liste des figures .....	3
1.3	Liste des tableaux.....	6
<b>2</b>	<b>Contexte de l'étude .....</b>	<b>8</b>
2.1	Préambule .....	8
2.1.1	Historique du projet.....	8
2.1.2	Développement du projet – choix du site.....	8
2.1.3	Arrêt des projets NEPHTYD et NORMANDIE HYDRO .....	9
2.2	Reprise du projet Normandie Hydro par HydroQuest et Qair .....	9
2.2.1	Les entreprises partenaires du projet FloWatt.....	9
<b>3</b>	<b>Le projet FloWatt.....</b>	<b>11</b>
3.1	Description générale du projet FloWatt .....	11
3.1.1	Localisation et périmètre du projet .....	11
3.1.2	Caractéristiques générales du projet.....	12
3.1.3	Raccordement électrique du projet.....	15
3.1.4	Installation/désinstallation des hydroliennes.....	16
3.1.5	Les acteurs du projet : maîtrises d'ouvrage et partenaire industriel.....	17
3.1.6	Planning prévisionnel du projet.....	18
3.2	Description du contexte réglementaire .....	18
3.2.1	Statut de PHNH .....	18
3.2.2	Rappel sur les autorisations déjà en vigueur .....	19
3.2.3	Les évolutions du projet : de Parc Hydrolien Normandie Hydro a FloWatt.....	20
3.2.4	Les évolutions réglementaires et la situation actuelle au titre du code de l'environnement .....	22
<b>4</b>	<b>Consistance du projet .....</b>	<b>23</b>
4.1	Description du projet initial prévu par EDF-EN.....	23
4.1.1	L'hydrolienne du projet Normandie Hydro.....	23
4.1.2	Localisation du projet .....	24
4.1.3	L'architecture électrique.....	25
4.2	Description du projet FloWatt .....	33
4.2.1	L'hydrolienne du projet FloWatt .....	33
4.2.2	La localisation du projet FloWatt.....	34
4.2.3	Le réseau électrique du projet HydroQuest .....	35
4.3	Les principales évolutions entre les 2 projets .....	38
4.3.1	Les technologies d'hydroliennes.....	38
4.3.2	Zoom sur le système de protection cathodique .....	40
4.3.3	Le parc hydrolien .....	42
4.3.4	L'architecture électrique du parc hydrolien .....	43
4.3.5	La puissance du parc.....	43
4.3.6	Le déploiement du parc hydrolien .....	43

4.3.7	La phase d'exploitation.....	46
<b>5</b>	<b>Les impacts au niveau de la partie maritime.....</b>	<b>49</b>
<b>5.1</b>	<b>Les impacts en phase d'installation.....</b>	<b>49</b>
5.1.1	Préambule : rappel sur le déroulé des travaux.....	49
5.1.2	Les impacts sur le milieu physique en phase d'installation.....	50
5.1.3	Les impacts sur le milieu biologique en phase d'installation.....	51
5.1.4	Les impacts sur le patrimoine écologique, paysager et culturel en phase d'installation.....	52
5.1.5	Les impacts sur le milieu humain en phase d'installation.....	53
5.1.6	Synthèse des impacts en phase d'installation.....	54
<b>5.2</b>	<b>Les impacts en phase d'exploitation.....</b>	<b>55</b>
5.2.1	Préambule : rappel sur les caractéristiques des machines.....	55
5.2.2	Les impacts sur le milieu physique en phase d'exploitation.....	58
5.2.3	Les impacts sur le milieu biologique.....	80
5.2.4	Les impacts sur le patrimoine écologique, paysager et culturel.....	111
5.2.5	Les impacts sur le milieu humain.....	112
5.2.6	Synthèse des impacts en phase d'exploitation.....	113
<b>5.3</b>	<b>Les impacts en phase de démantèlement.....</b>	<b>114</b>
5.3.1	Les impacts sur le milieu physique.....	114
5.3.2	Les impacts sur le milieu biologique.....	115
5.3.3	Les impacts sur le patrimoine écologique, paysager et culturel.....	116
5.3.4	Les impacts sur le milieu humain.....	117
5.3.5	Synthèse des impacts en phase démantèlement.....	117
<b>6</b>	<b>Les mesures ERC.....</b>	<b>118</b>
<b>6.1</b>	<b>Les mesures d'évitement.....</b>	<b>118</b>
<b>6.2</b>	<b>Les mesures de réduction.....</b>	<b>118</b>
<b>6.3</b>	<b>Les mesures de suivis.....</b>	<b>120</b>
<b>6.4</b>	<b>Nécessité de mesures complémentaires.....</b>	<b>121</b>
<b>7</b>	<b>Conclusion générale.....</b>	<b>122</b>
<b>8</b>	<b>Bibliographie.....</b>	<b>124</b>
<b>9</b>	<b>Annexes.....</b>	<b>125</b>
	Annexe 1 : Kbis de la société PARC HYDROLIEN NORMANDIE HYDRO.....	125
	Annexe 2 : Sinay 2021 a. État initial du bruit ambiant sur la zone d'étude Du Raz Blanchard..	125
	Annexe 3 : Sinay 2021 a. Étude des effets acoustiques du projet Parc hydrolien Normandie..	125
	Annexe 4 : Institut de la Corrosion, 2021. Estimation de la quantité d'aluminium d'anode relarguée par un champ hydrolien dans la zone du raz Blanchard.....	125
	Annexe 5 : Sinay 2021 b. Synthèse bibliographiques Mammifère marin.....	125
	Annexe 6 : GONM 2021 b. Synthèse bibliographiques avifaune marine.....	125
	Annexe 7 : Arrêtés préfectoraux et convention du DPM.....	125

## 1.2 LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Présentation générale du projet Normandie Hydro-FloWatt – Source EI EDF	8
Figure 2 : Cartographie de situation du projet de Normandie Hydro/FloWatt (Sinay)	12
Figure 3 : Emprise de la concession et du corridor pour le câble export (Sinay)	14
Figure 4 : Organisation de la maîtrise d’ouvrage du projet Normandie Hydro sur le domaine public maritime	15
Figure 5 : Navire d’installation à positionnement dynamique utilisé au large de Paimpol-Bréhat pour la sortie du Prototype Oceanquest en 2019 - ©HydroQuest	16
Figure 6 : Installation de la fondation OceanQuest sur le site d'essai de Paimpol Bréhat, 2019 - ©Hydroquest	17
Figure 7 : Principe d’engagement de l’hydrolienne sur la fondation	17
Figure 8 : Planning des projets OceanQuest et FloWatt	18
Figure 9 : Immersion de l’hydrolienne OpenHydro (2016 ©EDF)	19
Figure 10 : Immersion de l’hydrolienne d’HydroQuest au large de Paimpol (printemps 2019)	21
Figure 11 : Représentation visuelle de l’hydrolienne (Source OpenHydro)	23
Figure 12 : Cartographie de la concession du projet Normandie Hydro (Source EDF-EN)	25
Figure 13 : implantation des turbines, du hub de connexion sous marin, des câbles et connecteurs électriques inter-hydroliennes sur la zone projet PHNH (Source EDF-EN)	26
Figure 14 Schéma du hub de connexion sous-marin (source EI EDF-EN)	27
Figure 15 : Architecture électrique à gauche et Hub de connexion électrique à droite (projet OpenHydro et EDF-EN)	27
Figure 16 : Couoe d’un câble HT / schéma avec double armure (projet OpenHydro et EDF-EN)	28
Figure 17: Exemple de solution de protection de câble par coquille	30
Figure 18 : Matelas béton transporté (gauche) et déposé sur une conduite (droite) (Source : BERR 2008)	30
Figure 19: Illustration d’un câble protégé par enrochements (rock dumping)	31
Figure 20: Exemple de stabilisation de câble par filet de graviers	31
Figure 21 : Système d’ancrage (source LeBéon Manufacuring)	32
Figure 22 : Représentation schématique de l’hydrolienne OceanQuest	33
Figure 23 : Evolution de la technologie d’hydrolienne Hydroquest	34
Figure 24 : Schéma d’implantation du projet FloWatt	34
Figure 25 : implantation des turbines, du hub de connexion sous marin, des câbles et connecteurs électriques inter-hydroliennes sur la zone projet FloWatt	36
Figure 26 : Architecture de la partie électrique du parc hydrolien et définition des limites de responsabilités pour le projet FloWatt	37
Figure 27 : localisation des anodes sur la fondation	41
Figure 28 : localisation des anodes sur P1,P2,P3, M1, M2 Extérieur	41
Figure 29 : Evolution de la masse totale d’anode consommé par les systèmes de protection cathodique de 7 hydroliennes en fonction du temps – (Institut de la Corrosion, 2021)	58
Figure 30 : Modèle de courantologie sur le Raz Blanchard (Institut de la Corrosion, 2021)	59
Figure 31 : Evolution de la concentration en aluminium total dans le volume de dilution estimé pour 7 hydroliennes en fonction du temps (Institut de la Corrosion, 2021)	60

Figure 32 : Niveau de bruit RMS enregistré dans la zone d'étude le 04/08/2021. La ligne bleue présente la moyenne du niveau de bruit durant cette période et la ligne verte présente la médiane du bruit durant cette période (Sinay, 2021a)	62
Figure 33 : Modélisation du niveau de bruit dépassant le niveau indiqué pendant 80% du temps pour les différentes saisons (automne, hiver) (Sinay, 2021)	64
Figure 34 : Modélisation du niveau de bruit dépassant le niveau indiqué pendant 80% du temps pour les différentes saisons (printemps et été) (Sinay, 2021)	65
Figure 35 : Modélisation du niveau de bruit dépassant le niveau indiqué pendant 50% du temps pour les différentes saisons (automne, hiver) (Sinay, 2021)	66
Figure 36 : Modélisation du niveau de bruit dépassant le niveau indiqué pendant 50% du temps pour les différentes saisons (printemps et été) (Sinay, 2021)	67
Figure 37 : Modélisation du niveau de bruit dépassant le niveau indiqué pendant 5% du temps pour les différentes saisons (automne, hiver) (Sinay, 2021)	68
Figure 38 : Modélisation du niveau de bruit dépassant le niveau indiqué pendant 5% du temps pour les différentes saisons (printemps et été) (Sinay, 2021)	69
Figure 39 : Cartographie du bruit produit par le parc d'hydrolienne en fonction de la profondeur (Sinay, 2021)	72
Figure 40 : Comparaison du Niveau de bruit ambiant avec le bruit des hydroliennes à différents rayons (Sinay, 2021)	73
Figure 41 : Comparaison du Niveau de bruit des hydroliennes à différents rayons avec différents types de navire allant de 50m à 290m (Sinay, 2021)	74
Figure 42 : Cartes du bruit ambiant durant 50% du temps sur la zone d'étude (Sinay, 2021)	75
Figure 43 : Niveau du bruit ambiant en percentiles à l'état initial au niveau de chaque position d'hydrolienne et le niveau de bruit des hydroliennes à 1 et 10 mètres (Sinay, 2021)	76
Figure 44: Densité du trafic maritime dans la Manche Mer du Nord en 2017 (Source&Data : EMODnet)	77
Figure 45 Cartographie montrant l'affinité du Grand Dauphin pour les habitats marins sur la zone rapprochée du futur parc hydrolien (Sinay, 2021b)	81
Figure 46 : Cartographie montrant l'affinité du Marsouin Commun pour les habitats marins sur la zone rapprochée du futur parc hydrolien (Sinay, 2021b)	82
Figure 47 : Cartographie montrant l'affinité du Phoque Veau Marin pour les habitats marins sur la zone rapprochée du futur parc hydrolien (Sinay, 2021b)	82
Figure 48 : Cartographie montrant l'affinité du Phoque Gris pour les habitats marins sur la zone rapprochée du futur parc hydrolien (Sinay, 2021b)	83
Figure 49 : Exemple de détection de marsouin passant sous le disque balayé par les rotors de la turbine lors d'une rencontre de 160 secondes (Sinay, 2021 b)	86
Figure 50 : Caractéristiques des hydroliennes OpenHydro et HydroQuest	87
Figure 51 : Les impacts sur les mammifères marins (Sinay, 2021a)	91
Figure 52 : Profondeur de plongée de différentes espèces d'oiseaux marins (Source modifié d'après Lanton et al., 2011)	94
Figure 53 : localisation des colonies d'oiseaux marins nicheurs proches du site d'étude	96
Figure 54 : Distribution spatiale des cormorans huppés de Chausey (à gauche) et Saint-Marcouf (à droite) (d'après Courbin et al, 2018 et 2019)	97
Figure 55 Cartographie montrant l'affinité du Cormoran huppé pour les habitats marins sur la zone rapprochée du futur parc hydrolien (Sinay, 2021b)	101

Figure 56 Cartographie montrant l'affinité du Plongeon catmarin pour les habitats marins sur la zone rapprochée du futur parc hydrolien (Sinay, 2021b) \_\_\_\_\_ 101

Figure 57 Cartographie montrant l'affinité du Guillemot de Troil pour les habitats marins sur la zone rapprochée du futur parc hydrolien (Sinay, 2021b) \_\_\_\_\_ 102

Figure 58 Cartographie montrant l'affinité Plongeon arctique pour les habitats marins sur la zone rapprochée du futur parc hydrolien (Sinay, 2021b) \_\_\_\_\_ 102

Figure 59 Cartographie montrant l'affinité Plongeon arctique pour les habitats marins sur la zone rapprochée du futur parc hydrolien (Sinay, 2021b) \_\_\_\_\_ 103

Figure 60 : Cartographie montrant l'affinité du Macareux Moine pour les habitats marins sur la zone rapprochée du futur parc hydrolien (Sinay, 2021b) \_\_\_\_\_ 103



### 1.3 LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Carte d'identité comparative des projets Normandie Hydro (EDF) et FloWatt (Hydroquest)	13
Tableau 2 : Tableau des coordonnées géographiques de la zone de concession (source - EDF)	14
Tableau 3 : tableau des principales spécifications de la turbine OpenHydro (Naval Group)	24
Tableau 4 : coordonnées géographiques des hydroliennes et du Hub de connexion et profondeurs et hauteurs d'eau associées pour le projet PHNH (Source EDF-EN).	26
Tableau 5 : Caractéristiques du câble de raccordement terrestre (source EDF-EN)	29
Tableau 6 : Tableau des principales spécifications de la turbine HydroQuest	33
Tableau 7 : coordonnées géographiques des hydroliennes et du hub de connexion et profondeurs et hauteurs d'eau associées pour le projet FloWatt	35
Tableau 8 : Comparatif des hydroliennes OpenHydro et HydroQuest	39
Tableau 9 : Surfaces à protéger sur chaque hydrolienne et masse d'alliage sacrificiel par sous-ensemble de l'hydrolienne (Source HydroQuest)	41
Tableau 10 : comparatif des masses d'anodes utilisées et consommées pour les hydroliennes Openhydro et HydroQuest	42
Tableau 11 : Comparatif des emprises sur le DPM	42
Tableau 12 : Principales différences du projet en phase de déploiement	45
Tableau 13 : principales différences du projet en phase d'exploitation	48
Tableau 14 : Surface au sol des projets Normandie Hydro et FloWatt	50
Tableau 15 : Analyse comparative des impacts sur le milieu physique en phase de construction entre le projet Normandie Hydro et le projet FloWatt	51
Tableau 16 : Analyse comparative des impacts sur le milieu biologique en phase de construction entre le projet Normandie Hydro et le projet FloWatt	52
Tableau 17 : Analyse comparative des impacts sur le patrimoine écologique, paysager et culturel en phase de construction entre le projet Normandie Hydro et le projet FloWatt	52
Tableau 18 : Analyse comparative des impacts sur le milieu humain en phase de construction entre le projet Normandie Hydro et le projet FloWatt	53
Tableau 19 : Principales caractéristiques des deux projets	56
Tableau 20 : Études spécifiques effectuées dans la présente demande de cas par cas	57
Tableau 21 : Comparatif des masses d'anodes utilisées et consommées pour les hydroliennes OpenHydro et Hydroquest (Institut de la Corrosion, 2021)	61
Tableau 22 : Analyse comparative des impacts sur le milieu physique en phase d'exploitation entre le projet Normandie Hydro et le projet FloWatt	78
Tableau 23 : Impacts sur les mammifères marins liés au risque de collision avec les hydroliennes (EDF-EN, 2015)	80
Tableau 24 : Indice de présence en fonction des caractéristiques de l'habitat calculé à partir de données prises entre 1999 et 2020 OBIS et d'EMODnet (Sinay, 2021b)	83
Tableau 25 : Tableau du calcul du coefficient de proportionnalité entre la surface d'emprise des hydroliennes et l'aire d'étude calculé à partir de données prises entre 1999 et 2020 OBIS et d'EMODnet (Sinay, 2021b)	87
Tableau 26 : Tableau d'analyse de risque (comparaison entre les 2 projets) (Sinay, 2021b)	88
Tableau 27 : Tableau d'analyse du taux de retour de collision potentielle pour le marsouin commun (Comparaison entre les 2 projets) (Sinay, 2021b)	88

Tableau 28 : Échelle des impacts sur les mammifères (Sinay, 2021) – TTS : Temporary Threshold Shift, décalage temporaire du seuil d'audition _____	89
Tableau 29 : Tableau d'analyse comparative des impacts entre les 2 projets (Sinay, 2010b) _____	92
Tableau 30 : Impacts sur les oiseaux marins liés au risque de collision avec les hydroliennes (EDF-EN, 2015) _	92
Tableau 31 : Tableau des espèces à retirer de l'étude (Source GoNm) _____	93
Tableau 32 : Tableau des espèces à conserver dans l'étude (Source GoNm) _____	93
Tableau 33 : Caractéristiques de plongée des espèces d'oiseaux plongeurs potentiellement concernés par le projet _____	94
Tableau 34 : Evaluation de la sensibilité des espèces suceptibles d'être impactées par le projet _____	98
Tableau 35 : vulnérabilité des oiseaux marins par rapport aux hydroliennes d'après Furness et al. 2012 _____	99
Tableau 36 : Tableau des profondeurs de plongée des oiseaux marins et mise en évidence de l'atteinte potentielle de la turbine (Sinay, 2021b) _____	99
Tableau 37 : Indice de présence en fonction des caractéristiques de l'habitat l'habitat calculé à partir de données prises entre 1999 et 2020 OBIS et d'EMODnet (Sinay, 2021b) _____	104
Tableau 38 : calcul du coefficient de proportionnalité entre la surface d'emprise des hydroliennes et l'aire d'étude (Sinay, 2021b) _____	105
Tableau 39 : calcul du coefficient de proportionnalité entre la surface d'emprise des hydroliennes et l'aire d'étude (Sinay, 2021b) _____	106
Tableau 40 : Comparaison de la probabilité de collision entre les deux projets (Sinay, 2021b) _____	106
Tableau 41 : comparaison du risque entre les 2 projets (NC : non communiqué dans l'étude EDF-EN) _____	107
Tableau 42 : Analyse comparative des impacts sur le milieu biologique en phase d'exploitation entre le projet Normandie Hydro et le projet FloWatt _____	110
Tableau 43 : Analyse comparative des impacts sur le patrimoine écologique, paysager et culturel en phase d'exploitation entre le projet Normandie Hydro et le projet FloWatt _____	111
Tableau 44 : Analyse comparative des impacts sur le milieu humain en phase d'exploitation entre le projet Normandie Hydro et le projet FloWatt _____	112
Tableau 45 : Analyse comparative des impacts sur le milieu physique en phase de démantèlement entre le projet Normandie Hydro et le projet FloWatt _____	114
Tableau 46 : Analyse comparative des impacts sur le milieu biologique en phase de démantèlement entre le projet Normandie Hydro et le projet FloWatt _____	115
Tableau 47 : Analyse comparative des impacts sur le patrimoine écologique, paysager et culturel en phase de démantèlement entre le projet Normandie Hydro et le projet FloWatt _____	116
Tableau 48 : Analyse comparative des impacts sur le milieu humain en phase de démantèlement entre le projet Normandie Hydro et le projet FloWatt _____	117
Tableau 49 : Mesure d'évitement mise en place pour le projet Normandie Hydro et reconduite pour le projet FloWatt (EDF, 2015) _____	118
Tableau 50 : Mesures de réduction du projet Normandie Hydro, reconduites pour le projet FloWatt (EDF, 2015) _____	119
Tableau 51 : Mesures de suivi du projet Normandie Hydro, reconduites pour le projet FloWatt (d'après EDF, 2015) _____	120

## 2 CONTEXTE DE L'ETUDE

### 2.1 PREAMBULE

#### 2.1.1 Historique du projet

Afin de contribuer à l'objectif de développement des énergies marines renouvelables, les sociétés EDF-ENergies Nouvelles et DCNS (Naval Group) se sont engagées en 2009 dans une démarche de développement de projets de parcs d'hydroliennes de nature à ouvrir la voie à une filière industrielle en France, pérenne, exportatrice et créatrice d'emplois.

#### 2.1.2 Développement du projet – choix du site

Ces sociétés ont développé un projet de parc pilote commercial d'hydroliennes en Normandie au Raz Blanchard, dénommé **Normandie Hydro** composé de 7 turbines pour une puissance totale de 14 MW porté par la société de projet **Parc d'Hydroliennes Normandie Hydro (PHNH)**. Ce projet devait être l'un des premiers de taille préindustrielle au niveau international.

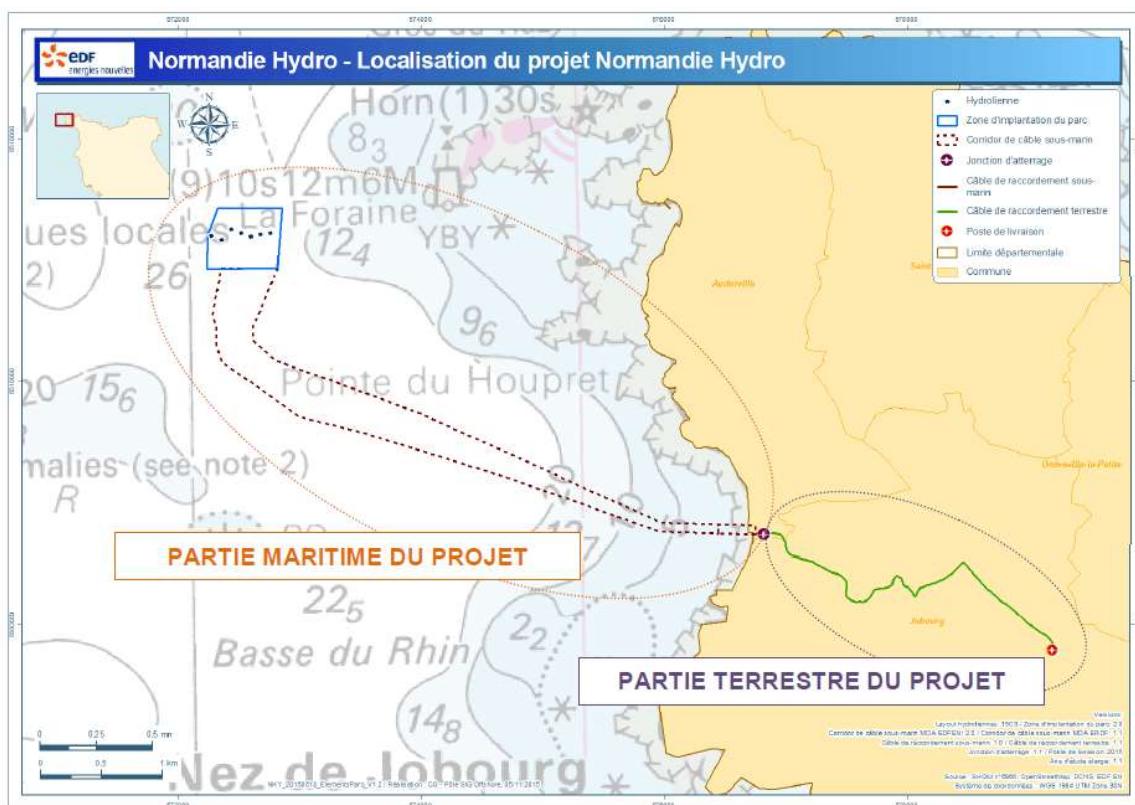


FIGURE 1 : PRESENTATION GENERALE DU PROJET NORMANDIE HYDRO-FLOWATT – SOURCE EI EDF

Les deux sociétés ont été lauréates à l'Appel à Manifestation d'Intérêts proposé par l'ADEME en décembre 2014, leur offrant ainsi un cadre économique et juridique adapté pour le développement du projet Normandie Hydro.

Dans le cadre de cet AMI, un second projet avec pour partenaires ENGIE et ALSTOM a été également retenu (projet NEPHTYD).

La localisation du parc d'hydroliennes Normandie Hydro a été arrêtée en 2012 et approuvée par l'ensemble des acteurs concernés publics/privés, et approuvée par le Comité régional des pêches de

Basse-Normandie (CRPMEM BN) en juin 2012, à Cherbourg, en présence des pêcheurs travaillant la zone.

Les deux projets ont obtenu leurs autorisations en 2017<sup>1</sup> - concession pour le DPM et une Autorisation Environnementale Unique - afin de pouvoir construire et exploiter les parcs pilotes pour une durée de 20 ans.

Il est à noter que conformément aux dispositions de l'article L 146-6 du Code de l'urbanisme, ENEDIS assurera la maîtrise d'ouvrage de la canalisation électrique pour les deux projets à partir du point frontière situé à la laisse de basse mer (figure 4) jusqu'au poste de livraison, y compris donc l'atterrage et, pour ce faire, a obtenu les autorisations nécessaires pour la réalisation des ouvrages.

### 2.1.3 Arrêt des projets NEPHTYD et NORMANDIE HYDRO

EDF et ENGIE ont abandonné leur projet, leurs partenaires respectifs chargés de fabriquer les hydroliennes préférant arrêter leur investissement dans le domaine de l'hydrolien à savoir :

- Naval Group pour EDF (arrêt du développement des turbines OpenHydro en 2018)
- Alstom - GE pour Engie (arrêt de l'activité hydrolienne en 2017 suite au repositionnement stratégique des activités GE)

## 2.2 REPRISE DU PROJET NORMANDIE HYDRO PAR HYDROQUEST ET QAIR

**En 2020, la société PHNH portant le projet de ferme hydrolienne Normandie Hydro a été reprise par HydroQuest.**

Le projet Normandie Hydro a été renommé FloWatt et dans les prochaines semaines :

- la société projet PHNH sera rebaptisée FloWatt,
- Qair entrera au capital social de FloWatt.

Le projet NEPHTYD a été, quant à lui, repris par la une joint-venture entre SIMEC Atlantis et la Région Normandie, dénommée Normandie Hydrolienne.

### 2.2.1 Les entreprises partenaires du projet FloWatt

#### 2.2.1.1 Qair

Qair est un Producteur Indépendant d'Electricité (IPP), dont les fondateurs sont actifs depuis plus de 30 ans dans le domaine des énergies renouvelables et qui exploite aujourd'hui 650 MW d'actifs de production d'énergie électrique exclusivement à partir de sources renouvelables, 700 MW en cours de financement et de construction et développe par ailleurs 3 GW d'actifs pour des déploiements futurs, au cœur des 18 territoires sur lesquels il est présent.

#### 2.2.1.2 HydroQuest

HydroQuest est une société grenobloise d'ingénierie engagée dans la transition énergétique en développant et fabriquant ses propres hydroliennes marines.

Dans le domaine des énergies marines, HydroQuest a conçu, construit, installé puis testé d'avril 2019 à septembre 2021 un prototype d'hydrolienne à double axe vertical d'une puissance d'1 MW baptisé **OceanQuest** au large de l'île de Bréhat en Bretagne.

---

<sup>1</sup> Pour le projet Normandie Hydro : l'arrêté 2017-601 en date du 23 mars 2017 approuvant la convention relative à la Concession d'Utilisation du Domaine Public Maritime (CUDPM) et l'arrêté préfectoral portant Autorisation Unique en date du 24 mars 2017.

Pendant cette période de test, HydroQuest a fait évoluer son concept et développé une hydrolienne, plus robuste et plus puissante de 2,5 MW faisant de cette hydrolienne l'une des plus puissantes au monde.

L'hydrolienne OceanQuest a été assemblée par le chantier naval des CMN (Construction Mécanique de Normandie) à Cherbourg, partenaire industriel d'HydroQuest dans le cadre du développement de ses projets marins.

### 3 LE PROJET FLOWATT

Le projet de parc pilote hydrolien FloWatt est situé en Basse-Normandie, dans le département de la Manche (50). Il consiste pour HydroQuest/Qair en l'installation dans le Raz Blanchard entre Aurigny et le Cap de la Hague, de 7 turbines de nouvelle génération, d'une puissance unitaire de 2,5 MW portant la puissance totale du projet à 17,5 MW.

Les liaisons électriques permettant de raccorder le parc hydrolien au poste de livraison électrique situé sur la commune de Jobourg seront composées :

- de câbles électriques sous-marins, qui seront posés et fixés sur les fonds marins cheminant au sud du Cap de la Hague avec un atterrissage prévu par un forage dirigé Baie d'Ecalgrain ;
- de câbles électriques terrestres qui seront enfouis du parking de la baie d'Ecalgrain, en accotement des routes existantes D401 et D901 jusqu'au poste de livraison électrique.

**La partie de l'étude concernant le périmètre de raccordement terrestre ne présente quant à elle aucune modification concernant la position spatiale du chemin de câble, à savoir sa longueur et son diamètre de fourreau.** Les impacts pendant les phases de travaux, d'exploitation et de démantèlement liés au changement de puissance de la ferme sont traités dans l'Article 5.

**Pour relancer le projet, il est nécessaire pour HydroQuest et Qair :**

- de mettre à jour les autorisations existantes modifiant le type d'hydrolienne (du projet initial Normandie Hydro) nécessitant le lancement d'une procédure auprès des services de l'Etat,
- d'avoir un soutien des pouvoirs publics redonnant un cadre au projet (par exemple le programme d'investissement d'avenir (PIA) proposé par l'ADEME).
- de pouvoir proroger les autorisations en vigueur de trois ans après l'obtention du cas par cas.

**Ces conditions réalisées, les partenaires envisagent de démarrer à Cherbourg en 2023-2024 au sein des ateliers de CMN, la construction des premières hydroliennes et une mise en service prévue en 2025.**

#### 3.1 DESCRIPTION GENERALE DU PROJET FLOWATT

##### 3.1.1 Localisation et périmètre du projet

Le projet de parc hydrolien FloWatt est situé en Basse-Normandie, dans le département de la Manche (50). Le parc pilote présente une puissance installée de 17,5 MW. Il est constitué de sept hydroliennes, localisées dans le Raz Blanchard au large du Cap de la Hague, à environ 3 km des côtes françaises.

Une liaison électrique, sous-marine puis souterraine, permet le raccordement de ce parc pilote à un poste de livraison électrique situé sur la commune de Jobourg. L'atterrissage (point d'arrivée à terre) du câble de raccordement électrique maritime est situé en Baie d'Ecalgrain, sur la commune d'Auderville.

Le projet sera connecté au réseau ENEDIS par une liaison souterraine cheminant du poste de livraison sis à Jobourg au poste ENEDIS de Bacchus.

FloWatt reprend le périmètre de la concession concédée par l'arrêté 2017-601 en date du 23 mars 2017 et retenu à l'Appel à Manifestation d'intérêts « Energies marines renouvelables – Fermes pilotes hydroliennes » clos le 25 avril 2014 obtenu par la société PHNH. La superficie totale de cette concession est de 1,45 km<sup>2</sup>.

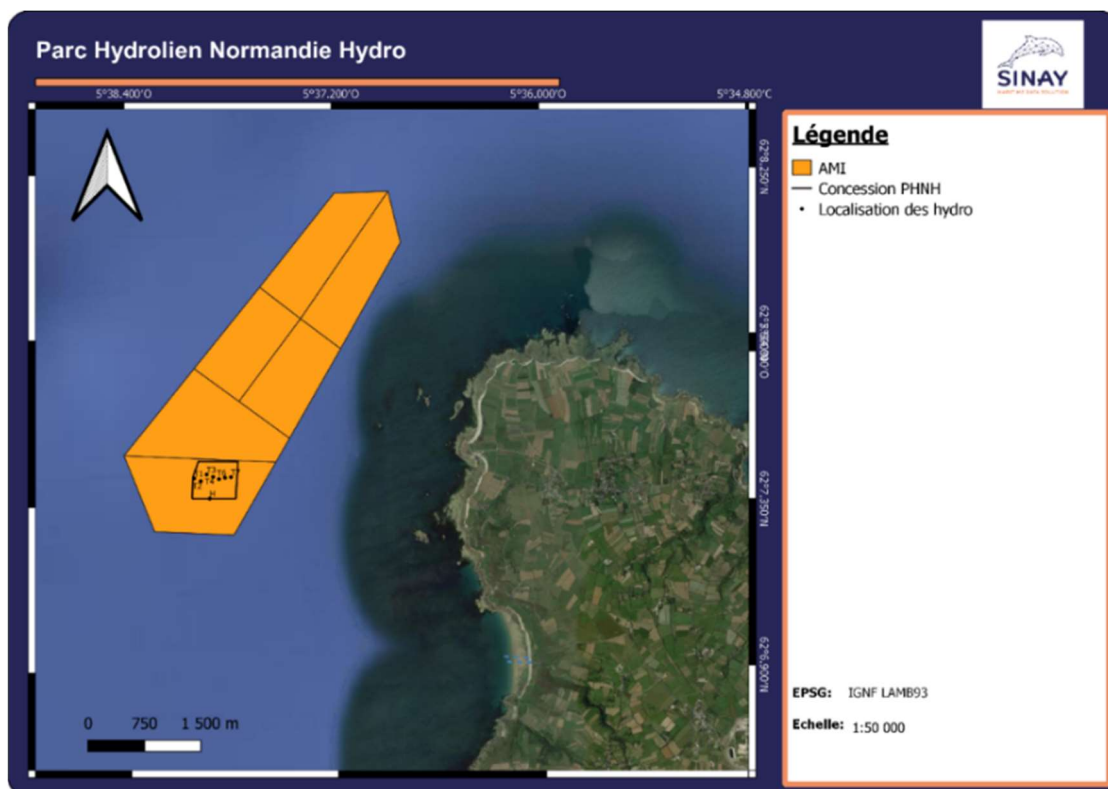


FIGURE 2 : CARTOGRAPHIE DE SITUATION DU PROJET DE NORMANDIE HYDRO/FLOWATT (SINAY)

L'implantation des différents éléments constituant le parc pilote et son raccordement (hydroliennes, site d'atterrissage, poste de livraison, tracé du câble électrique d'export, etc.) ont été choisis parmi plusieurs zones, à l'issue d'études réalisées sur le site et de concertation avec les acteurs locaux, en particulier les professionnels de la pêche et les collectivités riveraines.

Dans le cadre de la reprise du projet, HydroQuest a repris la concertation avec les acteurs locaux dès 2021 afin de présenter son projet mis à jour.

### 3.1.2 Caractéristiques générales du projet

Le tableau suivant reprend et compare les principales caractéristiques du projet FloWatt et du projet concédé Normandie Hydro.

Carte d'identité comparative des projets Normandie Hydro et FloWatt		
	Normandie Hydro	FloWatt
Localisation du parc	Dans le Raz Blanchard, entre le Cap de la Hague et l'île d'Aurigny	Dans le Raz Blanchard, entre le Cap de la Hague et l'île d'Aurigny
Puissance installée	<b>14 MW</b>	<b>17,5 MW<sup>2</sup></b>
Technologie d'hydrolienne	<b>Open Hydro - 2 MW</b>	<b>HydroQuest - 2,5 MW</b>
Distance à la côte	Distance à la côte ≈ 3 km du port de Goury	Distance à la côte ≈ 3 km du port de Goury
Nombre d'hydroliennes	7	7
Surface de la zone de concession du parc	0,28 km <sup>2</sup>	0,28 km <sup>2</sup>

<sup>2</sup> Les turbines FloWatt sont bridées pour sortir 17 MW de puissance sur le réseau électrique terrestre de la ferme.

Carte d'identité comparative des projets Normandie Hydro et FloWatt		
	Normandie Hydro	FloWatt
Surface de la zone de corridor du câble export	1,17 km <sup>2</sup>	1,17 km <sup>2</sup>
Surface totale de la concession	1,45 km <sup>2</sup>	1,45 km <sup>2</sup>
Profondeur d'implantation des hydroliennes	Entre 30 et 33 m cote marine (CM)	Entre 30 et 33 m cote marine (CM)
Espacement entre 2 turbines	80 m	80 m
Type de fondation	Gravitaire	Gravitaire
Zone d'atterrage du câble de raccordement	Baie d'Ecalgrain, communes de Jobourg et d'Auderville	Baie d'Ecalgrain, communes de Jobourg et d'Auderville
Localisation du poste de livraison électrique	Commune de Jobourg	Commune de Jobourg
Début de mise en service	2018	2025
Durée d'exploitation	20 ans	20 ans
Port de base pour l'installation et la maintenance	Cherbourg	Cherbourg

**TABLEAU 1 : CARTE D'IDENTITE COMPARATIVE DES PROJETS NORMANDIE HYDRO (EDF) ET FLOWATT (HYDROQUEST)**

La superficie totale de l'emprise de la zone de concession est de 1,45 km<sup>2</sup> et comprend :

- La « zone d'implantation des hydroliennes », des câbles et connecteurs électriques inter-hydroliennes et du hub de connexion sous-marin, dite « zone du parc hydrolien pilote » qui s'étend sur 0,28 km<sup>2</sup>. Elle est située à une distance comprise entre 3 et 4 kilomètres des côtes ;
- La « zone du corridor du câble d'export », (le tracé du câble d'export définitif sera connu à l'issue des études de reconnaissance géotechnique et de faisabilité d'installation de câble, qui seront réalisées en 2022) qui s'étend sur 1,17 km<sup>2</sup>.

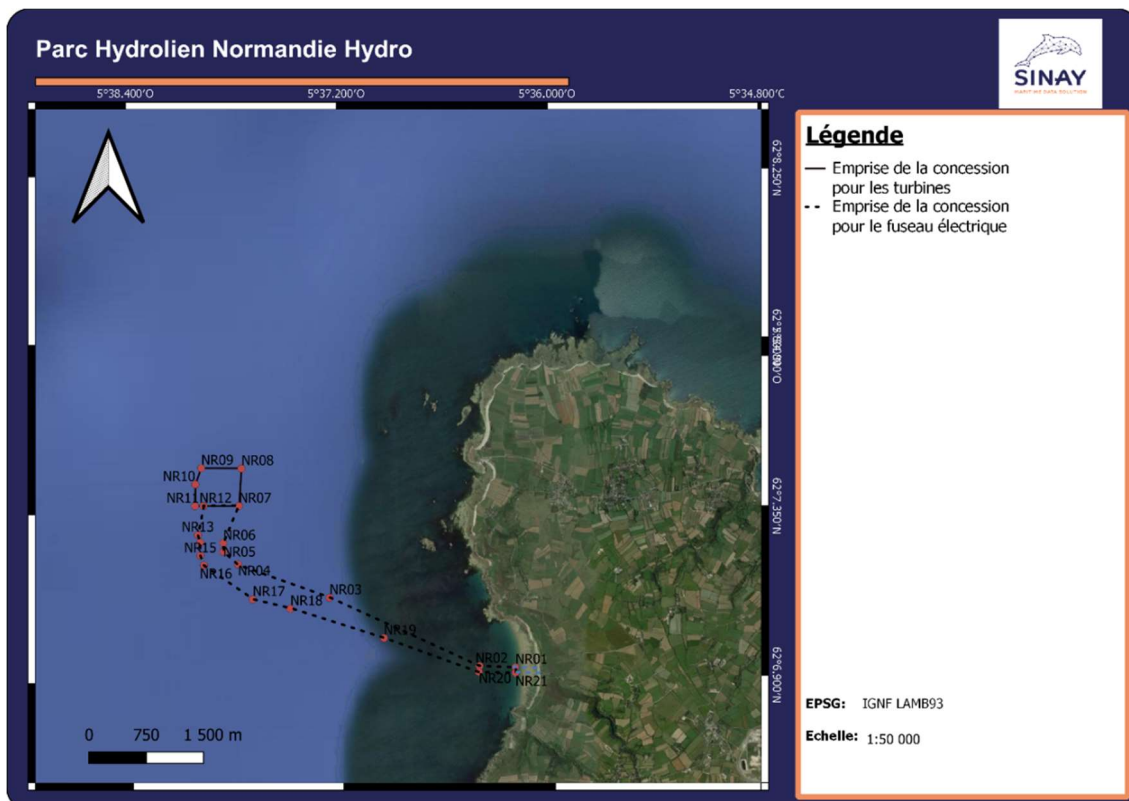
Les coordonnées géographiques du projet concédé sont consignées dans le tableau ci-dessous.



POINT	LON_DMD_WGS84	LAT_DMD_WGS84
NR01	1° 56,408' O	49° 41,464' N
NR02	1° 56,799' O	49° 41,475' N
NR03	1° 58,424' O	49° 41,973' N
NR04	1° 59,416' O	49° 42,217' N
NR05	1° 59,576' O	49° 42,309' N
NR06	1° 59,575' O	49° 42,369' N
NR07	1° 59,399' O	49° 42,630' N
NR08	1° 59,366' O	49° 42,895' N
NR09	1° 59,805' O	49° 42,901' N
NR10	1° 59,872' O	49° 42,787' N
NR11	1° 59,879' O	49° 42,634' N
NR012	1° 59,785' O	49° 42,633' N
NR013	1° 59,851' O	49° 42,429' N
NR014	1° 59,826' O	49° 42,376' N
NR015	1° 59,827' O	49° 42,282' N
NR016	1° 59,790' O	49° 42,214' N
NR017	1° 59,262' O	49° 41,968' N
NR018	1° 58,853' O	49° 41,899' N
NR019	1° 57,837' O	49° 41,683' N
NR020	1° 56,807' O	49° 41,434' N
NR021	1° 56,408' O	49° 41,424' N

**TABEAU 2 : TABLEAU DES COORDONNEES GEOGRAPHIQUES DE LA ZONE DE CONCESSION (SOURCE - EDF)**

L'emprise de la concession et de la zone du corridor du câble export sont représentées sur la carte ci-après :



**FIGURE 3 : EMPRISE DE LA CONCESSION ET DU CORRIDOR POUR LE CÂBLE EXPORT (SINAY)**

## 3.1.3 Raccordement électrique du projet

Le raccordement électrique du projet FloWatt permettant de transporter l'énergie électrique produite reprend les caractéristiques techniques du projet concédé. Il est composé éléments suivants :

- Une liaison par câble d'export sous-marin, d'une longueur d'environ 5,2 km : cette liaison relie le hub de connexion en mer à une chambre de jonction située sur le parking de l'arrière-plage de la Baie d'Ecalgrain. Ce site a été retenu pour l'atterrage du câble électrique, à l'issue d'une analyse comparative multicritères menée sur plusieurs sites lors de l'étude d'impacts initial.
- Une chambre de jonction, qui permet le raccordement entre les câbles d'export sous-marin et terrestre. Il s'agit d'un ouvrage maçonné et enterré d'environ 5 m de long sur 2 m de large.
- Le raccordement terrestre, une liaison par câble enterré depuis la chambre de jonction jusqu'au poste de livraison électrique. Le tracé longe les routes sur environ 3 km et traverse les communes d'Auderville et de Jobourg (carte n°4). Il s'agit du tracé de moindre impact environnemental.
- Un poste de livraison électrique, qui assure le raccordement au réseau électrique existant. Situé à la sortie du centre de Jobourg (parcelle communale AB 96) selon le souhait de la municipalité, il s'agit d'un ouvrage de plain-pied d'une emprise au sol d'environ 83 m<sup>2</sup>. Afin d'assurer son intégration paysagère, son architecture a suivi les prescriptions de l'Architecte des Bâtiments de France.

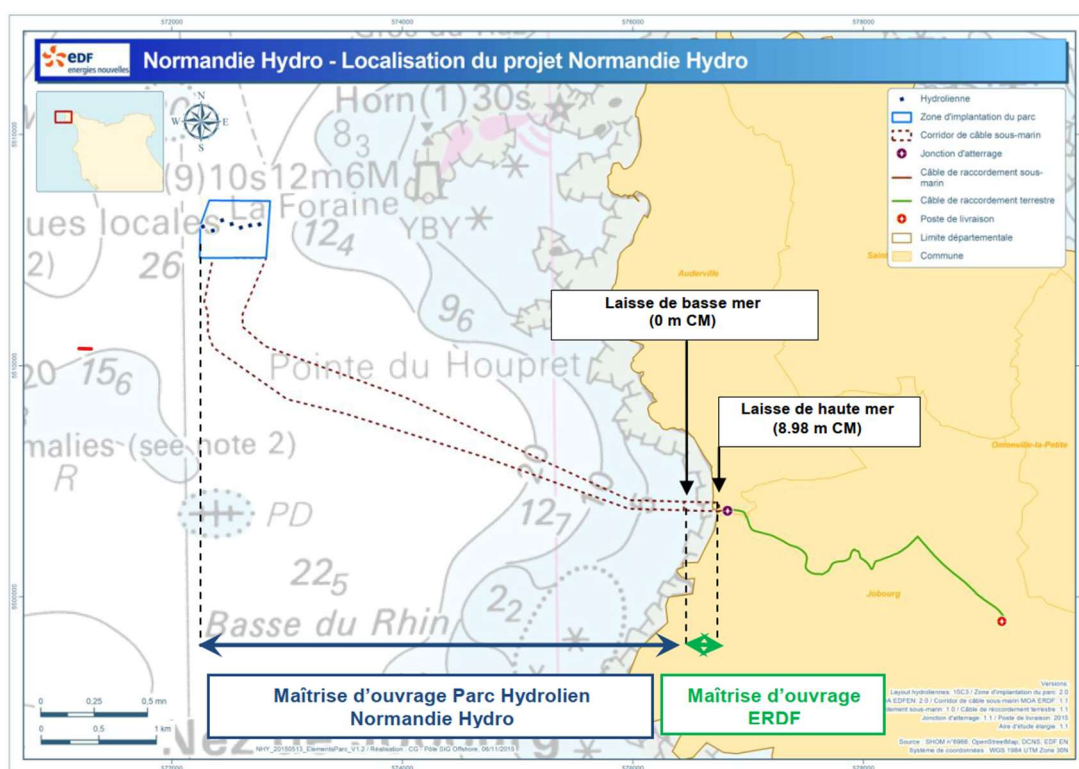


FIGURE 4 : ORGANISATION DE LA MAÎTRISE D'OUVRAGE DU PROJET NORMANDIE HYDRO SUR LE DOMAINE PUBLIC MARITIME

Le parc hydrolien pilote marine devrait produire chaque année environ 41 GWh d'électricité ce qui correspond à la consommation domestique en électricité de plus de 8 200 foyers<sup>3</sup>. A noter que la durée de la concession est de 20 ans renouvelable.

### 3.1.4 Installation/désinstallation des hydroliennes

Les hydroliennes, les lests et les fondations ont été conçus pour pouvoir être déployés à l'aide de navire d'installation standard, issus de l'industrie Oil & Gas. L'installation et la désinstallation de l'hydrolienne OceanQuest sur le site d'essai de Paimpol a permis de valider les moyens maritimes et l'organisation à mettre en place.



**FIGURE 5 : NAVIRE D'INSTALLATION A POSITIONNEMENT DYNAMIQUE UTILISE AU LARGE DE PAIMPOL-BREHAT POUR LA SORTIE DU PROTOTYPE OCEANQUEST EN 2019 - ©HYDROQUEST**

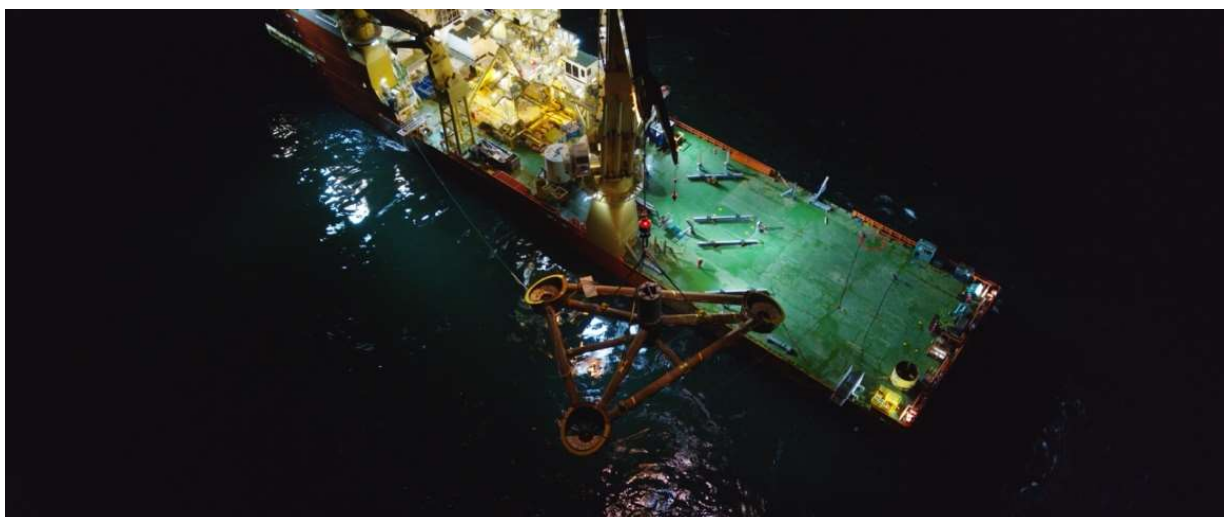
L'ensemble des équipements sera stocké au sein de l'emprise du port de Cherbourg une fois leur fabrication totalement terminée.

Pour installer l'ensemble du parc, le navire d'installation réalisera environ 14 allers-retours du port de Cherbourg au site d'installation.

A priori, l'ensemble des fondations et des lests seront installés en premier, suivi, pendant la même opération, de l'installation de l'ensemble des hydroliennes. Cet ordre peut potentiellement être revu dans un souci d'optimisation de durée des travaux, mais ne change pas la stratégie générale. En effet, pour chaque hydrolienne, l'ordre à respecter est d'installer en premier la fondation puis les lests et enfin la turbine.

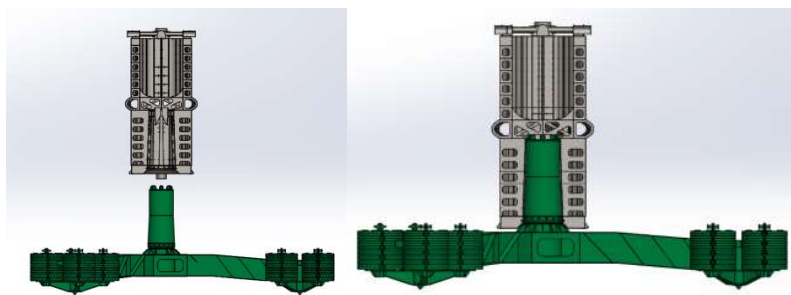
L'installation de la fondation consiste à la déployer depuis le navire puis à la placer directement sur le fond marin. La fondation gravitaire conçue par HydroQuest évite la réalisation de forage. Ensuite, les lests sont placés sur la fondation, guidés dans les paniers spécifiques localisés au niveau des pieds de la fondation.

<sup>3</sup> Calcul obtenu selon le critère ADEME de 5 MWh / foyer.



**FIGURE 6 : INSTALLATION DE LA FONDATION OCEANQUEST SUR LE SITE D'ESSAI DE PAIMPOL BREHAT, 2019 - ©HYDROQUEST**

L'installation de l'hydrolienne consiste quant à elle à la déployer depuis le navire puis l'installer sur la fondation à l'aide d'un système de guidage (Figure 6).



**FIGURE 7 : PRINCIPE D'ENGAGEMENT DE L'HYDROLIENNE SUR LA FONDATION**

Lors de la désinstallation, l'hydrolienne est relevée en premier, puis sa fondation et les lests dans un deuxième temps.

### 3.1.5 Les acteurs du projet : maîtrises d'ouvrage et partenaire industriel

Le projet FloWatt est porté par la société Parc Hydrolien Normandie Hydro SAS. En 2022, la société PHNH SAS sera renommée FloWatt SAS qui sera détenue à 51 % par Qair et 49 % par HydroQuest.

Cette société est maître d'ouvrage du parc pilote et de son raccordement électrique en mer jusqu'à la laisse de basse mer, ainsi que du poste de livraison électrique à terre, pour les phases de construction, d'exploitation et de démantèlement.

ENEDIS assure la maîtrise d'ouvrage de la liaison de raccordement électrique depuis la laisse de basse mer jusqu'au poste de livraison.

En termes de répartition des rôles au sein des partenaires du projet, Qair est en charge du développement et de l'exploitation de la ferme.

HydroQuest est en charge de la fourniture des hydroliennes et des fondations, ainsi que d'une partie significative de l'ingénierie du projet. CMN est le partenaire industriel d'HydroQuest pour la construction.

## 3.1.6 Planning prévisionnel du projet

Le projet FloWatt prévoit le déploiement de **sept hydroliennes** qui seront construites et assemblées par CMN dans son chantier naval à Cherbourg, d'ici 2025. En vingt années d'exploitation, le productible annuel net moyen prévu est d'environ 41 GWh.

Un dossier a été déposé en mars 2021 auprès de l'ADEME pour obtenir des aides à l'investissement. Le bouclage des financements et le début des travaux sont prévus pour 2023.

Planning prévisionnel de réalisation du projet FloWatt :

- Notification UE/ Bouclage financement : Mars 2023
- Début de construction des infrastructures électriques et début de construction des hydroliennes en 2023-2024
- Date début d'exploitation du parc à l'été 2025

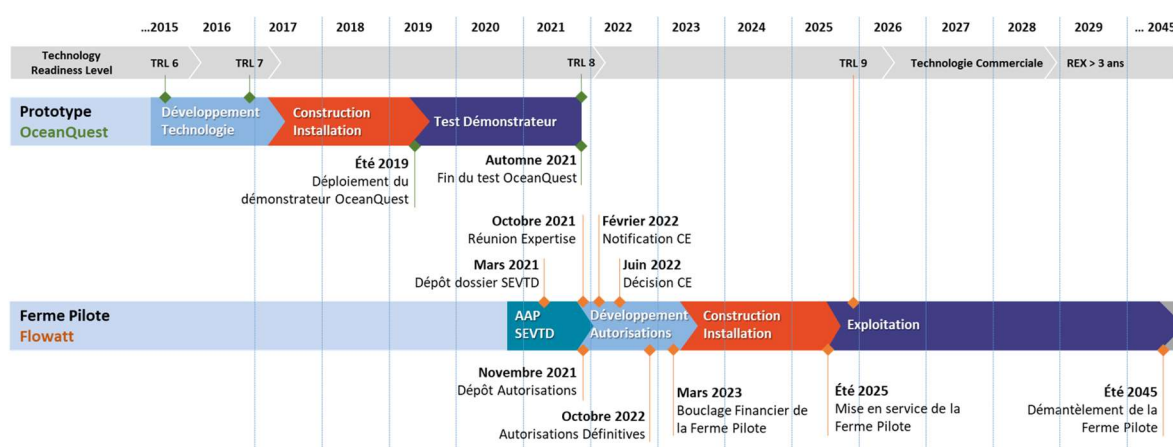


FIGURE 8 : PLANNING DES PROJETS OCEANQUEST ET FLOWATT

## 3.2 DESCRIPTION DU CONTEXTE REGLEMENTAIRE

### 3.2.1 Statut de PHNH

A partir de 2009, DCNS-Naval Group et EDF-ENergies Nouvelles ont développé en commun des projets de parc d'hydroliennes avec l'objectif partagé de favoriser le développement de cette énergie et l'émergence d'une filière industrielle. Pour ce faire, EDF a développé et installé les infrastructures maritimes du site d'essai d'hydroliennes de Paimpol-Bréhat permettant de tester les différentes technologies d'hydroliennes existantes. Le site d'essai est opérationnel depuis 2014.

En 2010, la collaboration DCNS/EDF a été concrétisée par la création d'une société projet dénommée **Parc Hydrolien Normandie Hydro (PHNH)** dédiée à l'installation et l'exploitation d'une ferme d'hydroliennes (projet Normandie Hydro) sur le site du Raz Blanchard en Normandie équipée d'hydroliennes DCNS.

« En mars 2013, l'Etat a engagé un travail de planification et de concertation visant à identifier des zones propices au déploiement de fermes pilotes de production d'électricité à partir de l'énergie des courants de marée. Le résultat de cette phase de concertation a été présenté le 31 mai 2013. A son issue, un appel à manifestations d'intérêt (AMI) relatif à l'implantation de fermes pilotes hydroliennes a été lancé en octobre 2013. Son objectif est d'accompagner la réalisation de ces parcs pilotes, afin de promouvoir le développement d'une filière industrielle sur le sol français. Il s'inscrit dans le cadre du programme démonstrateurs et plateformes technologiques en énergies renouvelables et décarbonées et chimie verte, soutenu par le Commissariat Général aux

*Investissements (CGI) et mis en œuvre par l'ADEME. Ce programme a pour objectifs de promouvoir les technologies propres, le développement des énergies renouvelables et de maîtriser les consommations d'énergie et de matières premières ». Source étude d'impact EDF-EN.*

Suite à cette concertation, la zone AMI a été définie dans la Manche sur la zone du Raz Blanchard. En décembre 2014, EDF-EN, porteur du projet Normandie Hydro composé de 7 hydroliennes OPEN HYDRO-DCNS (devenant Naval Group), est désigné comme Lauréat de l'appel à manifestation d'intérêt.



**FIGURE 9 : IMMERSION DE L'HYDROLIENNE OPENHYDRO (2016 ©EDF)**

Depuis mars 2017, la société PHNH est titulaire des autorisations nécessaires<sup>4</sup> pour la construction et l'exploitation du parc hydrolien Normandie Hydro.

En 2018, EDF-EN abandonne le projet Normandie Hydro car les deux hydroliennes de Naval Group déployées sur son site d'essai de Paimpol-Bréhat ont été sorties de l'eau au printemps 2017 sans avoir réussi à démontrer leur performance<sup>5</sup>.

**En décembre 2020, la société PHNH est reprise par HydroQuest avec pour objectif de mettre en service le parc hydrolien avec sa propre technologie d'hydrolienne à axe vertical.**

## 3.2.2 Rappel sur les autorisations déjà en vigueur

### 3.2.2.1 Autorisation au nom de la société PHNH

La société de projet PHNH possède la maîtrise d'ouvrage du parc hydrolien pilote et de son raccordement électrique en mer jusqu'à la laisse de basse mer (point frontière), ainsi que du poste de livraison électrique à terre (commune de Jobourg), pour les phases de construction, d'exploitation et de démantèlement.

La société PHNH a déposé les dossiers réglementaires en 2015 pour la construction et l'exploitation des hydroliennes. Le projet était soumis à la réglementation suivante :

- Au titre du Code de l'Environnement (CE) :
  - Une étude d'impact conforme à l'article R.122-5.
  - Une étude d'incidences « loi sur l'eau » conforme à l'article R.214-6.
  - Une étude d'incidences Natura 2000 conforme à l'article R.414-23.
- Au titre du Code Général de la Propriété des Personnes Publiques (CGPPP) :
  - Une demande de concession conforme aux articles R.2124-1 et suivants.

Suite à la phase d'instruction, la société PHNH a obtenu les autorisations suivantes :

<sup>4</sup> L'arrêté 2017-601 en date du 23 mars 2017 approuvant la convention relative à la Concession d'Utilisation du Domaine Public Maritime (CUDPM) et l'arrêté préfectoral portant Autorisation Unique en date du 24 mars 2017.

<sup>5</sup> <https://www.lesechos.fr/2017/11/le-projet-des-hydroliennes-de-brehat-abandonne-187227>

- Une concession d'utilisation du domaine public maritime en dehors des ports (CUDPM) du 23/03/2017 – Arrêté approuvant la concession 2017-601, dont le délai de mise en service a été prorogée de 3 ans par l'arrêté n° 2020-53 du 19/03/2020.
- Une autorisation environnementale unique (AE) du 24/03/2017, prorogée de 3 ans par l'arrêté n° 2020-53 du 19/03/2020.

### 3.2.2.2 Autorisation au nom ENEDIS

Afin de pouvoir utiliser le domaine public maritime, pour raccorder la ferme d'hydroliennes, située sur ce sur la section (entre la laisse de basse mer et la laisse de haute mer), ENEDIS a déposé les mêmes dossiers réglementaires que la société PHNH pour détenir la maîtrise d'ouvrage du projet.

Suite à la phase d'instruction, la société ENEDIS a obtenu les autorisations suivantes :

- Une concession d'utilisation du domaine public maritime en dehors des ports (CUDPM) du 21/03/2017 – Arrêté approuvant la concession 2017-599, dont le délai de mise en service a été prorogé de 3 ans par l'arrêté n° 2020-54 du 19/03/2020.
- Une autorisation environnementale unique (AE) du 22/03/2017, prorogée de 3 ans par l'arrêté n° 2020-54 du 19/03/2020.

**La seule différence entre les deux projets dans l'Autorisation ENEDIS est la différence de puissance (14 MW pour Normandie Hydro – 17 MW pour FloWatt) transitant dans l'infrastructure de raccordement prévue initialement.**

**Ce changement de puissance ne modifie pas les types de câbles prévus initialement pour les parties marines et terrestres traités par EDF-EN et ENEDIS dans l'étude d'impact du projet concédé.**

### 3.2.3 Les évolutions du projet : de Parc Hydrolien Normandie Hydro a FloWatt

La reprise du projet Normandie Hydro par HydroQuest permettrait de mettre en place la première ferme pilote française avec une technologie française permettant le développement d'une filière industrielle. HydroQuest et CMN avaient participé à l'AMI de 2014 sans être lauréat mais persuadé de la performance et de la robustesse de sa technologie.

Afin de pouvoir éprouver son hydrolienne, en 2015 HydroQuest s'est rapproché d'EDF afin de pouvoir tester sa turbine à axe vertical OceanQuest sur le site d'essai de Paimpol-Bréhat, conjointement à la turbine OPEN HYDRO – NAVAL GROUP, avec une date de début d'expérimentation prévue en 2019.

- **Campagne d'essais de l'hydrolienne HydroQuest sur le site Paimpol-Bréhat**

En avril 2019, HydroQuest a engagé sa campagne d'essais après l'obtention des autorisations nécessaires par l'arrêté préfectoral en date du 18 avril 2019. L'hydrolienne OCEANQUEST d'une puissance d'1 MW est construite par CMN et a injecté ses premiers kWh sur le réseau en juin 2019.

Fin septembre 2021, après plus de deux ans d'opération, l'hydrolienne est désinstallée puis transportée à Cherbourg pour expertise.



**FIGURE 10 : IMMERSION DE L'HYDROLIENNE D'HYDROQUEST AU LARGE DE PAIMPOL (PRINTEMPS 2019)**

La campagne d'essai a fait l'objet d'un suivi environnemental évalué par un Comité Scientifique et piloté par la Direction départementale des territoires et de la mer (DDTM). Cette étude a inclus :

- une étude acoustique afin de caractériser l'empreinte sonore de l'hydrolienne avec l'évaluation de son impact sur les espèces et détermination des zones d'effet ;
- une étude benthique afin de décrire le substrat et le support benthique ;
- une étude de la température de l'eau ;
- une analyse du biofouling ;
- une étude de la vitesse de l'eau aux abords de l'hydrolienne.



### 3.2.4 Les évolutions réglementaires et la situation actuelle au titre du code de l'environnement

Suite aux évolutions réglementaires relatives aux évaluations environnementales le projet FloWatt relève des articles suivants :

#### 3.2.4.1 Article R122-2 :

Énergie		
Catégorie de projet	Projets soumis à évaluation environnementale	Projets soumis à examen au cas par cas
31. Installation en mer de production d'énergie	Éolienne en mer	Toute autre installation

**Le projet est donc soumis à l'examen au cas par cas. Le porteur de projet considère qu'il y a similarité des installations, d'équipements (choix techniques et dimensions) et de l'emprise du parc hydrolien par rapport au projet concédé.**

#### 3.2.4.2 Article L122-1

L'article L122-1 précise IV. - *Lorsqu'un projet relève d'un examen au cas par cas, l'autorité en charge de l'examen au cas par cas est saisie par le maître d'ouvrage d'un dossier présentant le projet afin de déterminer si celui-ci doit être soumis à évaluation environnementale.*

*Toutefois, lorsque le projet consiste en une modification ou une extension d'activités, installations, ouvrages ou travaux qui relèvent des autorisations prévues aux articles L. 181-1, L. 512-7, L. 555-1 et L. 593-7, le maître d'ouvrage saisit de ce dossier l'autorité mentionnée à l'article L. 171-8. Cette autorité détermine si cette modification ou cette extension doit être soumise à évaluation environnementale.*

#### 3.2.4.3 Article L181-14

L'analyse du dossier cas par cas reposera sur le fait de changement substantiel ou non du projet comme le précise l'article L181-14 :

*« Toute modification substantielle des activités, installations, ouvrages ou travaux qui relèvent de l'autorisation environnementale est soumise à la délivrance d'une nouvelle autorisation, qu'elle intervienne avant la réalisation du projet ou lors de sa mise en œuvre ou de son exploitation.*

*En dehors des modifications substantielles, toute modification notable intervenant dans les mêmes circonstances est portée à la connaissance de l'autorité administrative compétente pour délivrer l'autorisation environnementale dans les conditions définies par le décret prévu à l'article L. 181-32. »*

#### 3.2.4.4 Synthèse du contexte réglementaire

Le dossier est soumis à une analyse au cas par cas. A l'issue de cette analyse si l'autorité compétente considère que les changements apportés par la société HydroQuest sont substantiels, dans ce cas une nouvelle autorisation environnementale devra être sollicitée. Dans le cas contraire une actualisation de l'étude d'impact (et du dossier de demande de concession) déposée en 2015, par EDF, sera réalisée.

## 4 CONSISTANCE DU PROJET

### 4.1 DESCRIPTION DU PROJET INITIAL PREVU PAR EDF-EN

#### 4.1.1 L'hydrolienne du projet Normandie Hydro

Le projet concédé est constitué de 7 hydroliennes, reliées entre elles par des câbles et connecteurs électriques sous-marins jusqu'à un hub de connexion sous-marin raccordé à un câble d'export. La zone du parc hydrolien pilote est située entre 3 km et 4 km des côtes. **Ces 7 hydroliennes, d'une puissance totale installée de 14 MW**, sont disposées en 1 ligne et reliées à un hub de connexion sous-marin. Les hydroliennes sont espacées d'environ 80 m au sein d'une même ligne, et sont fixées sur des fondations de type tripode gravitaire posé sur le fond marin. L'emprise des composants est d'environ 0,03242 km<sup>2</sup>, soit 2,23 % de la zone de concession ».

« Sur une année, la production électrique attendue du parc hydrolien pilote au large des communes de Jobourg et d'Auderville est de 28,4 gigawattheures. Le coût estimé des travaux est de 112 millions d'euros. » Source EDF-EN.

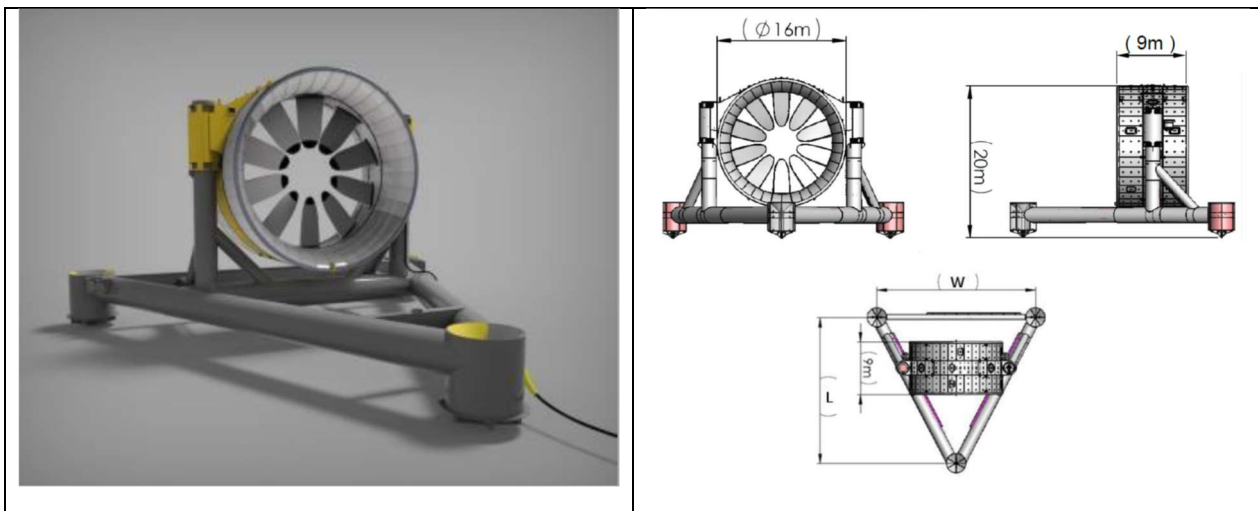


FIGURE 11 : REPRÉSENTATION VISUELLE DE L'HYDROLIENNE (SOURCE OPENHYDRO)

Le projet Normandie Hydro est composé de :

- 7 hydroliennes d'une puissance unitaire de 2 MW reposant sur une fondation tripode gravitaire, principalement composée d'une structure tubulaire en acier et lestée avec du béton, l'ensemble des installations étant posé sur le fond marin ;
- 9 connecteurs électriques ;
- 17 câbles électriques de liaison (ombilicaux) représentant une longueur totale d'environ 2 400 mètres posés sur le fond marin ;
- 1 boîte de jonction sous-marine ;
- 1 câble électrique (câble export) haute tension de 20/24 kV, d'un diamètre de 201 mm et d'une longueur totale d'environ 5 200 mètres.

Les principales caractéristiques de la turbine OPEN HYDRO sont consignées dans le tableau ci-dessous.

Éléments	Spécifications techniques
<b>Puissance de l'hydrolienne</b>	2 MW
<b>Hauteur de l'hydrolienne</b>	< 21 m environ
<b>Largeur de la fondation gravitaire</b>	45 m environ
<b>Longueur de la fondation gravitaire</b>	45 m environ
<b>Diamètre extérieur de la tuyère (carénage de la turbine)</b>	16 m environ
<b>Masse de la turbine sans fondation</b>	Environ 500 t
<b>Masse de la fondation gravitaire</b>	< ou égal à 1 500 t

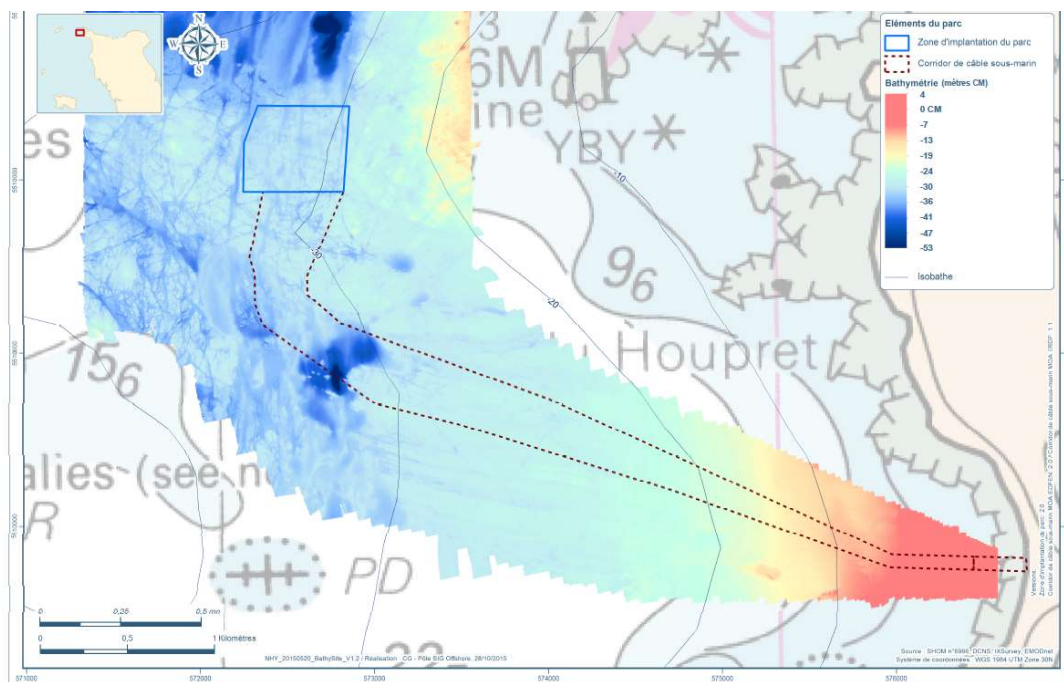
TABLEAU 3 : TABLEAU DES PRINCIPALES SPECIFICATIONS DE LA TURBINE OPENHYDRO (NAVAL GROUP)

#### 4.1.2 Localisation du projet

Le projet concédé de parc hydrolien pilote se situe au large des communes d'Auderville et de Jobourg en Basse-Normandie, dans les eaux territoriales françaises, dans le département de la Manche.

La superficie totale de l'emprise de la zone de concession est de 1,45 km<sup>2</sup> et comprend :

- Le périmètre d'implantation des hydroliennes ;
- Le corridor des câbles et connecteurs électriques inter-hydroliennes et le hub de connexion sous-marin, dite « zone du parc hydrolien pilote » qui s'étend sur 0,28 km<sup>2</sup>. Elle est située à une distance comprise entre 3 et 4 kilomètres des côtes ;



**FIGURE 12 : CARTOGRAPHIE DE LA CONCESSION DU PROJET NORMANDIE HYDRO (SOURCE EDF-EN)**

Les coordonnées géographiques de la zone de concession sont présentées en Tableau 2.

Les 7 hydroliennes devaient être disposées sur un axe Est-Ouest (voir Figure 13) perpendiculaire au courant à des profondeurs comprises entre 30 et 33 côtes marines (CM).

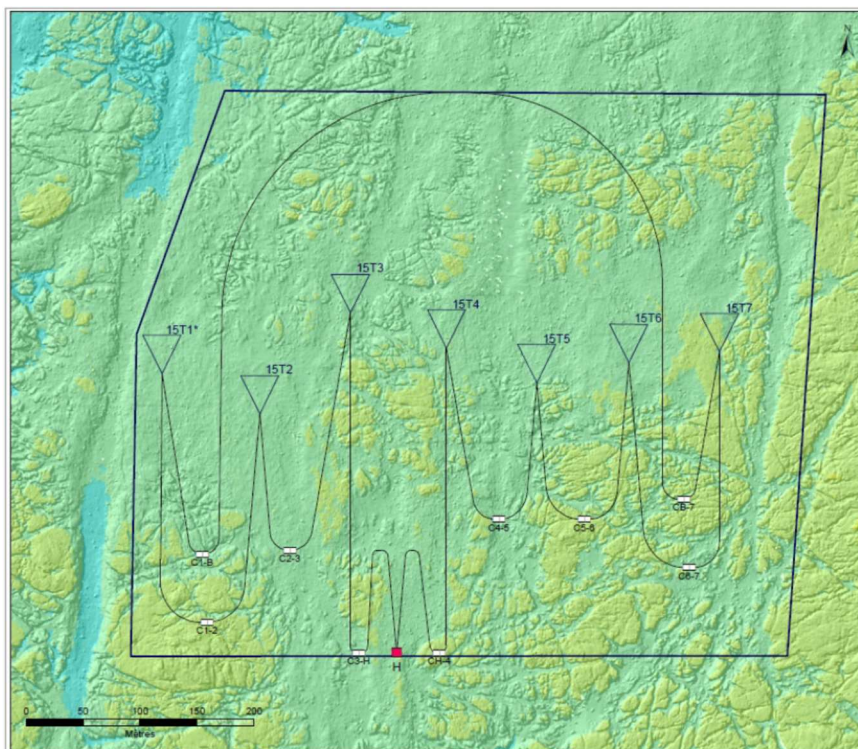
### 4.1.3 L'architecture électrique

L'architecture électrique retenue pour le projet concédé est schématisée Figures 13 et 15. Elle est définie pour raccorder ensemble les sept turbines de 2 MW (soit 14 MW) reliées en une boucle qui converge vers un hub de connexion sous-marin, lui-même raccordé au câble d'export. La connexion des câbles entre les turbines et le hub de connexion se fait par des connecteurs sous-marins.

Au point d'atterrissage, le câble de raccordement sous-marin est connecté à un câble terrestre dans une chambre de jonction, enterrée sous le parking de la Baie d'Ecalgrain. Une fois acheminée à terre, l'énergie est transmise au réseau de distribution national par un poste de livraison électrique et la distribution est assurée par l'opérateur du réseau (ENEDIS). On retrouve donc dans la partie maritime de la ferme pilote :

- Les hydroliennes raccordées en boucle physique (montage électrique en parallèle), incluant une possibilité de bouclage avec le hub d'où démarre le câble export ;
- Un hub de connexion simple (sans transformateur) qui permet de fermer la boucle des machines (2 entrées) et qui présente un seul câble (une sortie) export transportant l'énergie vers la terre ;
- Un câble d'export d'une longueur de 5,2 km, dimensionné pour exporter la puissance maximale de la ferme (14 MW).

Les turbines sont représentées par des triangles schématisant la fondation gravitaire soutenant la turbine.



**FIGURE 13 : IMPLANTATION DES TURBINES, DU HUB DE CONNEXION SOUS MARIN, DES CABLES ET CONNECTEURS ELECTRIQUES INTER-HYDROLIENNES SUR LA ZONE PROJET PHNH (SOURCE EDF-EN)**

Les positions relatives des hydroliennes et du hub de connexion sous-marin sont données dans le tableau suivant. Les hauteurs d'eau ainsi que la profondeur d'installation des hydroliennes sont également indiquées.

Composant	Réf	X (UTM 30 N)	Y (UTM 30N)	LON_DMD_WG S84	LAT_DMD_WG S84	Zmin (CD)	H (CD min)
Hydrolienne	15T1	572268,2	5507203,1	1° 59,854' O	49° 42,780' N	-31,54	10,54
Hydrolienne	15T2	572354,1	5507205,3	1° 59,782' O	49° 42,760' N	-31,1	10,1
Hydrolienne	15T3	572433,9	5507256,6	1° 59,715' O	49° 42,807' N	-32,08	11,08
Hydrolienne	15T4	572517,9	5507258,7	1° 59,645' O	49° 42,790' N	-30,6	9,6
Hydrolienne	15T5	572597,8	5507190,4	1° 59,579' O	49° 42,773' N	-32,9	11,9
Hydrolienne	15T6	572678,6	5507212,8	1° 59,512' O	49° 42,782' N	-31,26	10,26
Hydrolienne	15T7	572758,3	5507227,2	1° 59,446' O	49° 42,786' N	-30,31	9,31
Hub de connexion	HUB			1°59,685' O	49° 42,634' N		

**TABEAU 4 : COORDONNEES GEOGRAPHIQUES DES HYDROLIENNES ET DU HUB DE CONNEXION ET PROFONDEURS ET HAUTEURS D'EAU ASSOCIEES POUR LE PROJET PHNH (SOURCE EDF-EN).**

#### 4.1.3.1 Le hub de connexion électrique (source EDF-EN)

Le hub se présente sous la forme d'un caisson en Y composé d'une entrée/sortie (pour le câble d'export) et de 2 entrées/sorties (pour les deux câbles inter-hydroliennes qui y seront raccordés). Il a pour objectif de réaliser la connexion des différents câbles. Il doit également permettre de réaliser

les fonctions de mise à la terre et de séparation des réseaux. Ce hub mesure environ 4,5 m de long et 2 m de large. Sa masse est estimée à 1,4 tonne.

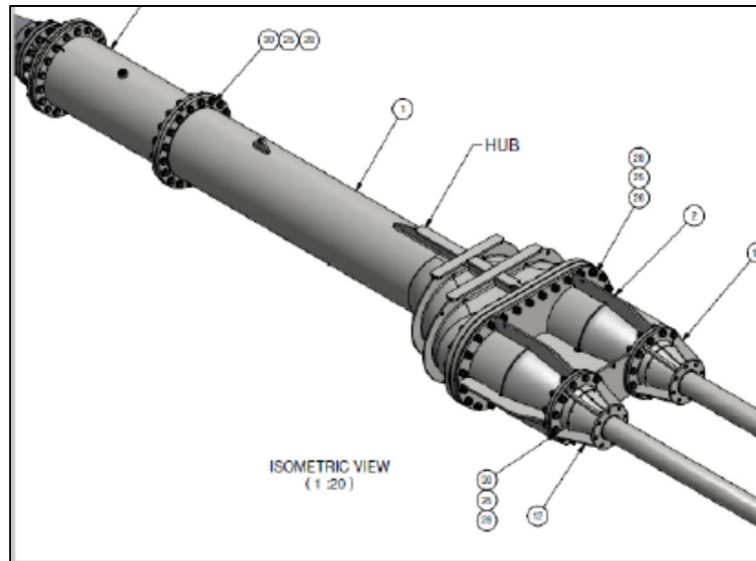


FIGURE 14 SCHEMA DU HUB DE CONNEXION SOUS-MARIN (SOURCE EI EDF-EN)

Le hub est protégé et supporté par une structure en acier rectangulaire. Elle mesure environ 2 m de large, 2,4 m de longueur et 1,2 m de hauteur. Elle est composée de trois pieds. Le hub sera fixé sur cette structure. L'ensemble sera ensuite déposé sur le sol. Le support assurera la stabilité du hub. Sa masse est estimée à 3,5 tonnes. Le hub en acier sera couvert d'une peinture « anti-corrosion » et protégé de la corrosion par anodes sacrificielles Al Zn In.

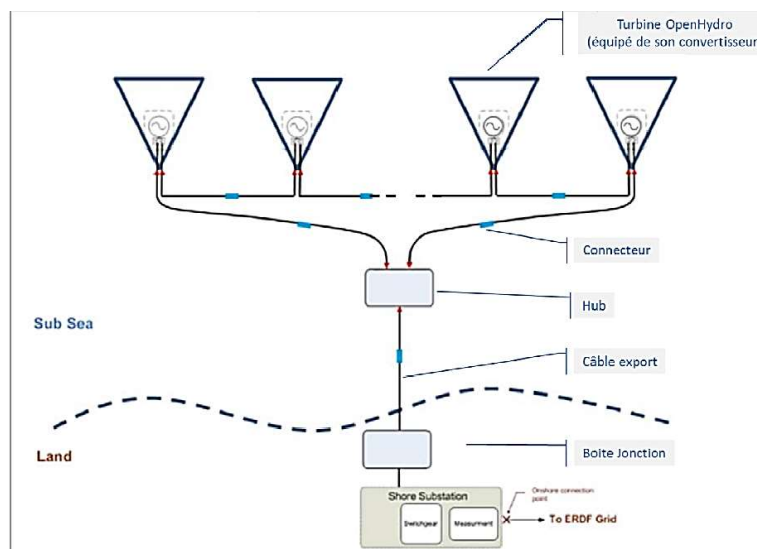


FIGURE 15 : ARCHITECTURE ELECTRIQUE A GAUCHE ET HUB DE CONNEXION ELECTRIQUE A DROITE (PROJET OPENHYDRO ET EDF-EN)

## 4.1.3.2 Câble d'export de raccordement sous-marin (source EDF-EN)

### 4.1.3.2.1 Description générale

Depuis le hub de connexion sous-marin, la production électrique de la ferme pilote sera exportée par un câble électrique sous-marin tripolaire, dont les caractéristiques sont présentées dans la partie qui suit. Le câble sera dimensionné pour fonctionner à une tension nominale de 20/24 kV. L'opération de connexion du câble au hub de connexion sous-marin sera réalisée à l'aide d'un connecteur de même type que celui utilisé pour la connexion entre les turbines.

Le câble d'export sera installé dans le corridor présenté sur la Figure 12. Il s'étendra ainsi sur 5,2 km et sera posé dans sa plus grande partie sur un substratum rocheux. Une protection/stabilisation du câble sera à réaliser sur des tronçons selon les évaluations des courants, des chargements mécaniques et des irrégularités de terrain. Plusieurs solutions pourraient alors être employées : utilisation de demi-coques, de matelas en béton, utilisation de stabilisation par enrochement (rock dumping) ou fixation à l'aide d'ancrages.

Ces techniques sont présentées dans la partie 3.1.3 relatives aux méthodes d'installation.

### 4.1.3.2.2 Définition technique du câble

Le câble utilisé sera un câble Haute Tension triphasé (20/24 kV) à armature unique. Une illustration de ce type de câble est représentée Figure 16.

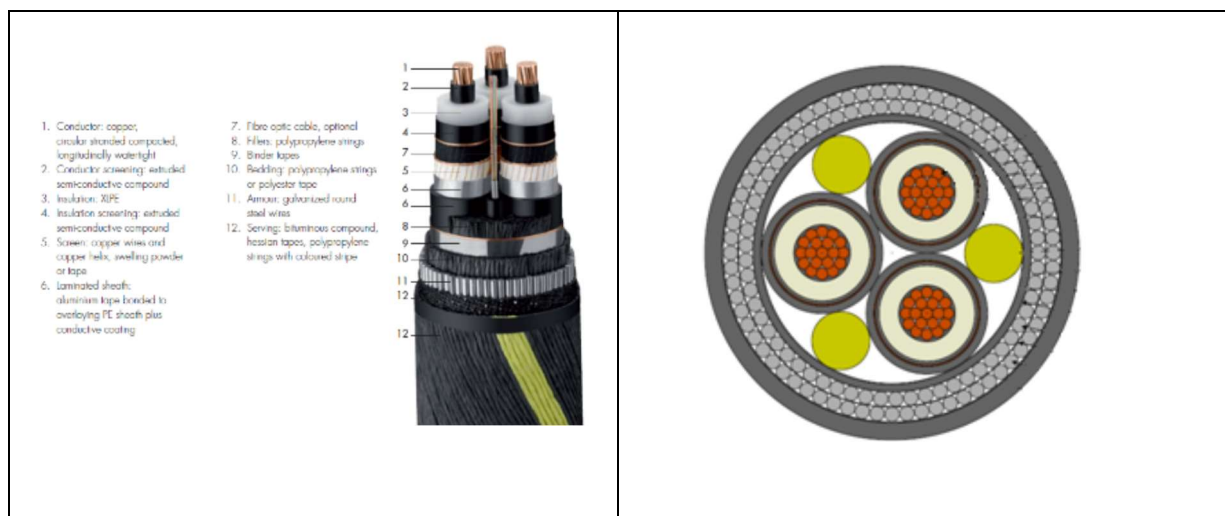


FIGURE 16 : COUPE D'UN CÂBLE HT / SCHEMA AVEC DOUBLE ARMURE (PROJET OPENHYDRO ET EDF-EN)

Le câble de référence pour le projet pilote Normandie Hydro est un câble 3\*240 mm<sup>2</sup>. Ses caractéristiques électriques et mécaniques sont données à titre d'indication Tableau 5.

Caractéristiques du câble de raccordement terrestre	
Tension nominale	20 kV
Type de courant	Alternatif
Fréquence	50 Hz
Courant nominal (par phase)	500 A
Type d'isolant	XLPE
Nombre de phases	3
Nombre de conducteurs par phase	1
Section d'un conducteur	240 mm <sup>2</sup>
Diamètre extérieur (armure extérieure comprise)	210 mm

**TABLEAU 5 : CARACTERISTIQUES DU CABLE DE RACCORDEMENT TERRESTRE (SOURCE EDF-EN)**

#### 4.1.3.3 Description ensouillage câble et système de stabilisation et de protection

Différentes techniques de protection des câbles déployés seront utilisées en fonction de la nature des fonds et des conditions hydrodynamiques des zones étudiées. L'ensouillage sera privilégié sur substrat meuble et dynamique sédimentaire rapide.

##### 4.1.3.3.1 Stabilisation sur substrats meubles

- **Ensouillage**

Lorsqu'il est techniquement réalisable, l'ensouillage (dépose au fond d'une tranchée qui sera rebouchée) est privilégié sur des zones peu profondes afin de protéger les câbles de la majorité des risques de croche, du courant et de la détérioration. Lorsque les fonds sont composés de sédiments fins, la création de la tranchée a lieu par jetting consistant à envoyer de l'eau ou de l'air sous pression à la surface du substrat. Une barge équipée d'une motopompe qui prélève de l'eau de mer directement sous le bateau ou de l'air puis qui renvoie le fluide sous pression au fond par un tuyau immergé. Les câbles sont ainsi ensouillés à une profondeur pouvant varier de 0,6 m à 3 m.

##### 4.1.3.3.2 Stabilisation sur substrat rocheux

Sur les fonds avec du substrat rocheux et en fonction des études géophysiques et géotechniques, il sera peut-être nécessaire de stabiliser/protéger le câble sur quelques tronçons. La méthode utilisée dépend du résultat des études et de l'emplacement où il faut stabiliser.

Les principales solutions sont énoncées ci-après.

- **Coquilles et protections articulées**

Les coquilles métalliques peuvent être installées autour du câble, au moment de sa pose, de manière à le protéger de l'abrasion, augmentant aussi sa stabilité et permettant de franchir des zones au relief très variable, évitant ainsi la mise en suspension du câble. La coquille de câble se présente sous forme d'un tuyau articulé en fonte muni de plusieurs ensembles. Le rôle de la coquille est de protéger les câbles de la ferme, en particulier le câble export, des agressions mécaniques extérieures. Cela limite la détérioration des matériaux vis-à-vis des conditions environnementales et augmente la stabilité des câbles. Ce dispositif ne génère pas d'impact supplémentaire par rapport au câble lui-même.





FIGURE 17: EXEMPLE DE SOLUTION DE PROTECTION DE CÂBLE PAR COQUILLE

- **Matelas béton**

Ils sont utilisés comme protection et stabilisation du câble, mais aussi au niveau d'intersections entre deux câbles sous-marins. Ils sont préassemblés et consistent en un maillage de blocs de béton connectés entre eux avec une corde en polypropylène. Ils sont en général disposés de manière discontinue le long du tracé du câble. Les dimensions standard d'un matelas de béton sont de 6 m de long par 3 m de large. L'épaisseur varie entre 0,15 m et 0,45 m.

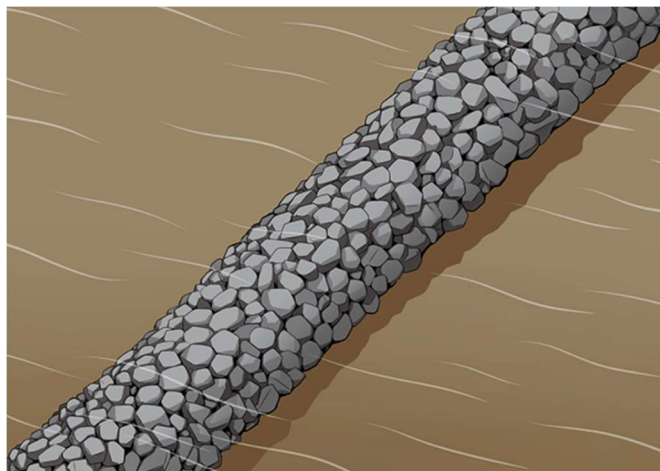


FIGURE 18 : MATELAS BETON TRANSPORTE (GAUCHE) ET DEPOSE SUR UNE CONDUITE (DROITE) (SOURCE : BERR 2008)

Leur installation est réalisée depuis navire d'installation équipé d'une grue et d'un palonnier. Plusieurs tailles et poids de matelas sont disponibles et le choix sera effectué en fonction des résultats des études techniques de stabilisation. Cette solution assez couramment utilisée, pourrait être retenue uniquement dans les zones où le courant est plus faible.

- **L'enrochement (ou rock-dumping)**

L'enrochement (ou rock-dumping) consiste à disposer des morceaux de roches sur des câbles à partir d'un navire dédié. Plusieurs techniques de déchargement existent : déchargement des roches par le côté du navire, déchargement des roches sous un navire ou barge à coques ouvrantes, ou déchargement des roches par un tube flexible. La hauteur de largage est directement liée au type de navire choisi. Le rock-dumping assure une bonne protection contre les ancres des gros navires et le chalutage. La hauteur de recouvrement définit le niveau de protection du câble. Afin d'éviter qu'un chalut ne rentre en opposition avec le bloc rocheux, la pente de ce dernier doit être la plus faible possible.



**FIGURE 19: ILLUSTRATION D'UN CÂBLE PROTEGE PAR ENROCHEMENTS (ROCK DUMPING)**

En cas d'utilisation de ce moyen de protection, des études seront menées pour assurer une conception qui résiste aux conditions hydrodynamiques de la zone et en respecte également les usages maritimes. Cette étude déterminera la taille et la nature des roches, les dimensions précises (hauteur et pentes) du cordon d'enrochement afin de concevoir un enrochement assurant une protection suffisante mais dont le profil s'intègre par ailleurs au profil du fond marin sur lequel il sera posé.

- **Filets de graviers**

Les filets de gravier ou « Filter Unit » servent de stabilisateur. Ils peuvent être disposés sur ou contre un câble pour le stabiliser. Ils sont assez économiques et offrent une bonne stabilité dans le courant. Ils sont donc bien adaptés au milieu hydrolien. Ils sont remplis à terre avant chargement. Leur mise à l'eau s'effectue avec une grue prise sur un anneau de levage comme présenté ci-après.



**FIGURE 20: EXEMPLE DE STABILISATION DE CÂBLE PAR FILET DE GRAVIERS**

- **Système d'ancrage**

Des systèmes d'ancrage peuvent être disposés sur ou contre un câble pour le stabiliser. Selon les conditions extrêmes de courant sur site, ce type d'ancrage de câble nécessite toutefois le forage et l'ancrage de l'équipement sur quelques dizaines de centimètres dans le sol.

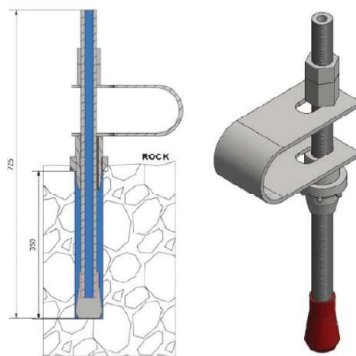


FIGURE 21 : SYSTÈME D'ANCRAGE (SOURCE LEBÉON MANUFACTURING)

## 4.2 DESCRIPTION DU PROJET FLOWATT

### 4.2.1 L'hydrolienne du projet FloWatt

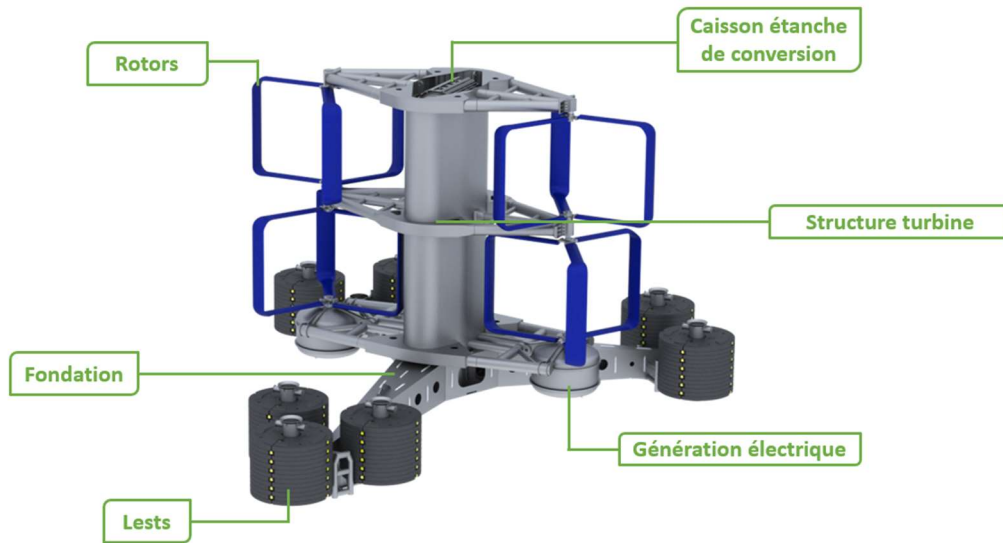
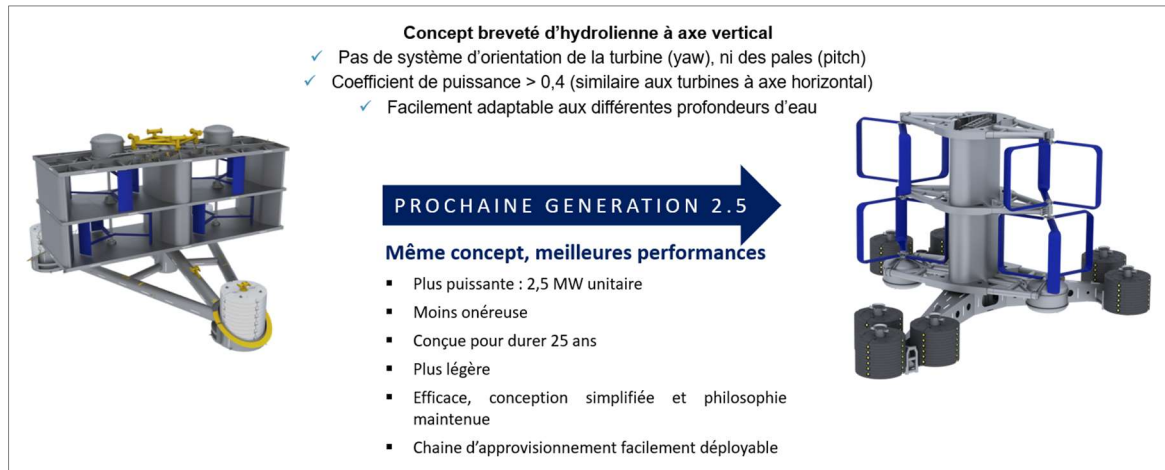


FIGURE 22 : REPRESENTATION SCHEMATIQUE DE L'HYDROLIENNE OCEANQUEST

Les principales caractéristiques de la turbine sont consignées dans le tableau ci-dessous

Éléments	Spécifications techniques
Puissance de l'hydrolienne	2,5 MW
Hauteur de l'hydrolienne	21 m environ
Largeur de la fondation gravitaire	30 m environ
Longueur de la fondation gravitaire	34 m environ
Dimensions des rotors	4 rotors d'environ 10 m de diamètre par 6 m de haut
Masse de la turbine sans fondation	≤ 250 t
Masse de la fondation gravitaire (lestes inclus)	≤ 2 800 t

TABLEAU 6 : TABLEAU DES PRINCIPALES SPECIFICATIONS DE LA TURBINE HYDROQUEST



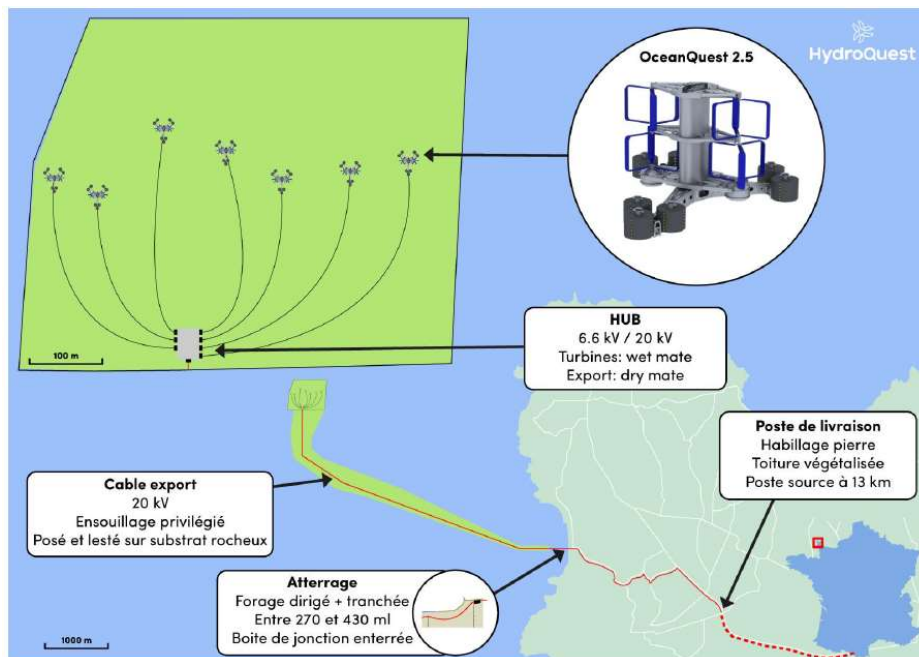
**FIGURE 23 : ÉVOLUTION DE LA TECHNOLOGIE D'HYDROLIENNE HYDROQUEST**

L'expérience du projet Oceanquest mené par Hydroquest a permis d'optimiser la conception de sa technologie d'hydrolienne, notamment en allégeant le poids de sa structure.

## 4.2.2 La localisation du projet FloWatt

Le projet FloWatt est composé de :

- 7 hydroliennes de type OCEANQUEST d'une puissance unitaire de 2,5 MW reposant sur une fondation tripode gravitaire, principalement composée d'une structure en acier et lestée avec de la fonte, l'ensemble des installations étant posé sur le fond marin ;
- 15 connecteurs électriques ;
- 7 câbles électriques de liaison (ombilicaux) représentant une longueur totale d'environ 2 100 mètres posés sur le fond marin ;
- 1 sous-station marine (« hub ») ;
- 1 câble export haute tension de 20 kV et d'une longueur totale d'environ 5 200 mètres.



**FIGURE 24 : SCHEMA D'IMPLANTATION DU PROJET FLOWATT**

La hauteur d'eau restant au-dessus de chaque hydrolienne est supérieure à 9 m par rapport au 0 CM.

Composant	Réf	X (UTM 30 N)	Y (UTM 30 N)	LON_DMD_WG S84	LAT_DMD_WG S84	Zmin (CD)	H (CDmin)
Hydrolienne	H1	572278.3	5507194.9	1°59'50.71 O	49°42'46.51 » N	-31.2	10.2
Hydrolienne	H2	572352.7	5507208.5	1°59'46.99 O	49°42'46.92 » N	-31.6	10.6
Hydrolienne	H3	572427.5	5507246.9	1°59'43.23 O	49°42'48.13 » N	-32.1	11.1
Hydrolienne	H4	572514.3	5507212.9	1°59'38.92 O	49°42'46.99 » N	-30.5	9.5
Hydrolienne	H5	572598.9	5507215.5	1°59'34.69 O	49°42'47.04 » N	-33.1	12.1
Hydrolienne	H6	572678.3	5507213.3	1°59'30.73 O	49°42'46.93 » N	-31.4	10.4
Hydrolienne	H7	572750.3	5507211.7	1°59'27.14 O	49°42'46.85 » N	-30.0	9.0
Hub de connexion	HUB	572494.0	5506971.0	1°59'40.09 O	49°42'39.17 » N	-32.1	> 15.0

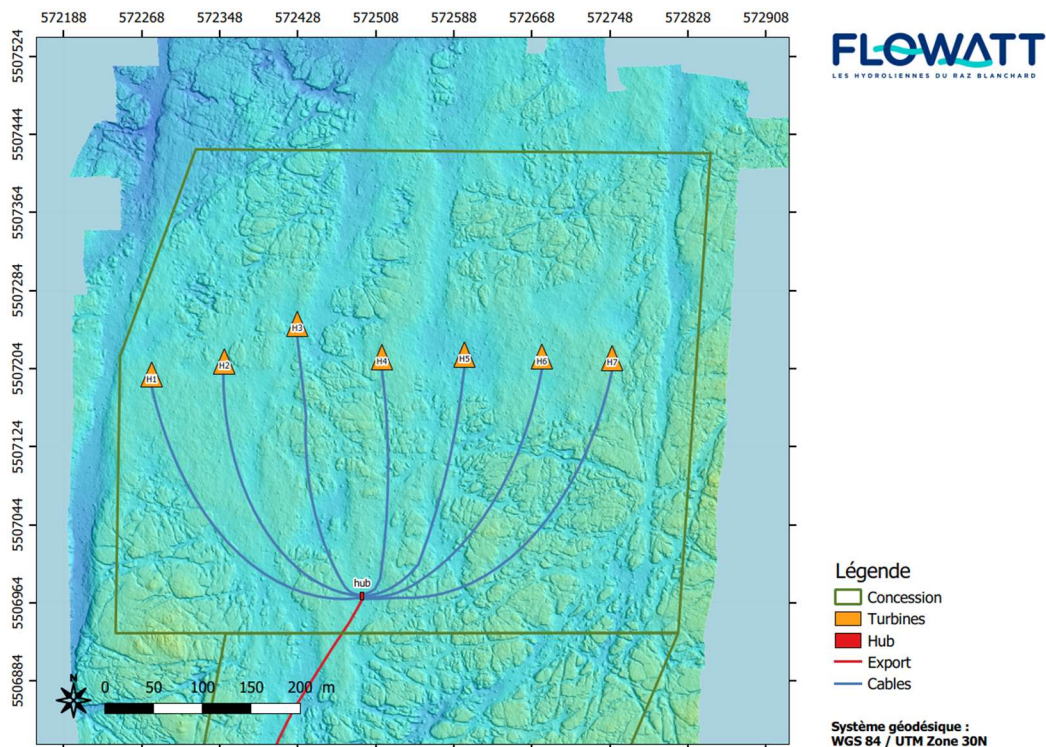
**TABLEAU 7 : COORDONNEES GEOGRAPHIQUES DES HYDROLIENNES ET DU HUB DE CONNEXION ET PROFONDEURS ET HAUTEURS D'EAU ASSOCIEES POUR LE PROJET FLOWATT**

### 4.2.3 Le réseau électrique du projet HydroQuest

- **Les liaisons électriques hydroliennes-hub**

La liaison électrique entre les hydroliennes et le hub est réalisée par 7 câbles permettant de faire passer en courant continu entre 6 et 20 kV. Ces câbles sont connectés directement sur le hub situé au sud de la concession du parc hydrolien, à l'extrémité du corridor. Ces câbles reposent sur le fond à environ 30-35 m de profondeur. Du hub repart en sortie un câble unique pouvant transporter 20kV.

Les méthodes de pose et de protection seront identiques à celles retenues par EDF-EN présentées en 3.1.3.

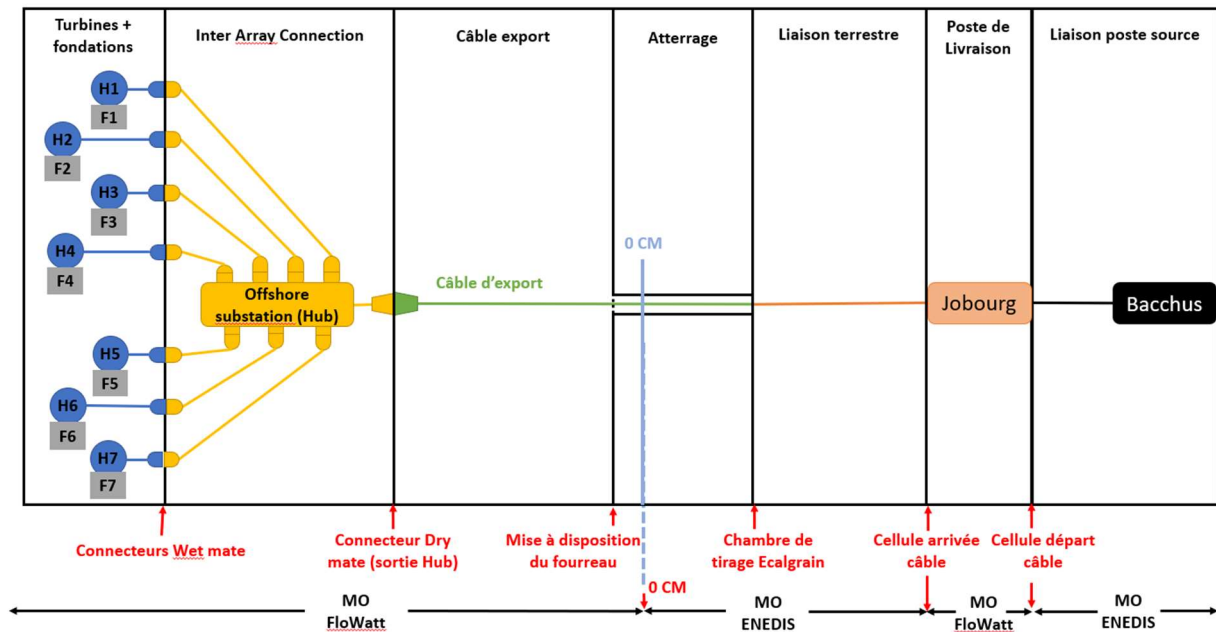


**FIGURE 25 : IMPLANTATION DES TURBINES, DU HUB DE CONNEXION SOUS MARIN, DES CABLES ET CONNECTEURS ELECTRIQUES INTER-HYDROLIENNES SUR LA ZONE PROJET FLOWATT**

Les connecteurs retenus par HydroQuest sont de type « Wet Mate », c'est-à-dire enfichables sous l'eau, et permettent une simplification des opérations marines de connexions et déconnexions des éléments.

- **Câble export sous-marin - zone d'atterrage**

L'architecture du câble export sous-marin à la zone d'atterrage est identique à celle du projet concédé. Le passage des câbles est prévu dans le même couloir avec la même emprise sur le DPM. Les responsabilités des parties respectives restent identiques pour les 2 projets comme le montre le schéma ci-après.



**FIGURE 26 : ARCHITECTURE DE LA PARTIE ELECTRIQUE DU PARC HYDROLIEN ET DEFINITION DES LIMITES DE RESPONSABILITES POUR LE PROJET FLOWATT**



Les caractéristiques du câble du projet concédé (voir 3.1.3) seront identiques pour le projet FloWatt malgré le changement de puissance de 14 à 17 MW.



## 4.3 LES PRINCIPALES EVOLUTIONS ENTRE LES 2 PROJETS

L'analyse comparative des deux projets qui se sont succédé dans le temps permettra de mettre en évidence les différences.

### 4.3.1 Les technologies d'hydroliennes

Hydroliennes	OpenHydro	HydroQuest	Différence entre les 2 technologies
<b>Vue d'ensemble</b>			
<b>Caractéristiques principales</b>			
<b>Puissance de l'hydrolienne en MW</b>	2 MW	2,5 MW	+ 0,5 MW
<b>Fonctionnement</b>	Une tuyère de 12 mètres de diamètre faisant tourner une génératrice à aimant permanent de type annulaire placée horizontalement. Longueur de la tuyère > 10	4 rotors placés sur 2 axes verticaux, entraînant des génératrices placées en bas de chaque axe. Dimension des rotors : 6 m de hauteur/10 de diamètre	Captation de l'énergie suivant des axes différents
<b>Type de courant</b>	Alternatif (AC)	Alternatif (AC)	=
<b>Hauteur de l'hydrolienne en mètre</b>	21 m	≤ 21 m	=
<b>Largeur de la fondation gravitaire en mètre</b>	≤ 45 m	≤ 30 m	-15m
<b>Longueur de la fondation gravitaire en mètre</b>	≤ 45 m	≤ 34 m	-11m
<b>Masse de la turbine (hors fondation) en tonne</b>	≤ 500 t	≤ 250 t	- 250 t
<b>Masse de la fondation</b>	≤ 1 500 t	≤ 2 800 t	+ 1 300 t

Hydroliennes	OpenHydro	HydroQuest	Différence entre les 2 technologies
Masse en air turbine / hydrolienne	500 t	200 t	- 300 t
Matériaux des pales	Composite	Composite	=
Type de fondation	Gravitaire	Gravitaire	=
Nombre de pieds par fondation	3	3	=
<b>Caractéristiques de la connexion et d'export</b>			
Nombre de Hub	1	1	=
Surface d'emprise du Hub niveau du contact Hub / fond marin	< 5 m <sup>2</sup>	< 3 m <sup>2</sup>	- 2 m <sup>2</sup>
Câble d'export et raccordement inter-hydroliennes – Surface totale occupée	< 32 000 m <sup>2</sup>	< 32 000 m <sup>2</sup>	=

TABLEAU 8 : COMPARATIF DES HYDROLIENNES OPENHYDRO ET HYDROQUEST

**La technologie développée par HydroQuest met en œuvre 2 génératrices actionnées chacune par 2 rotors à axes verticaux au lieu d'un seul rotor horizontal pour hydrolienne OpenHydro; ce qui constitue la principale différence entre les 2 technologies.**

La technologie HydroQuest est le résultat de 7 années de recherche et développement et elle permet d'optimiser la captation de l'énergie, de mieux s'adapter aux turbulences et à la houle et de réduire l'effet de sillage de chaque hydrolienne.

La surface d'emprise sur les environnements marins et terrestre est relativement similaire pour les deux projets avec des dimensions légèrement moins imposantes pour l'hydrolienne HydroQuest (Largeur et longueur de la fondation gravitaire).

La masse de la turbine Hydroquest est 2 fois moins importante que la turbine OpenHydro. En revanche, le poids des lests est plus important pour l'hydrolienne HydroQuest ainsi que la masse de la fondation. Il en résulte un enfoncement potentiel ou effet de poinçonnement du substratum plus important pour l'hydrolienne Hydroquest. Cependant, le positionnement des hydroliennes sera sur un substrat dur avec un effet de poiçonnement limité en surface (< 1 m<sup>2</sup> par pointe) et en profondeur d'enfoncement (< 0,5 m).

Par ailleurs, les caractéristiques de la connexion et du système d'export électrique sont tout à fait similaire en termes d'emprise sur le milieu marin. Le Hub du projet FloWatt permettant la liaison entre les hydroliennes et le câble d'export intègre un transformateur et il est donc plus imposant : 100 m<sup>2</sup> contre 5 m<sup>2</sup> pour le projet EDF-EN. Le hub du projet FloWatt sera posé uniquement sur une fondation gravitaire à 3 pieds ayant une emprise au sol de 3 m<sup>2</sup> environ.

## 4.3.2 Zoom sur le système de protection cathodique

- **Système de protection cathodique pour la technologie OpenHydro**

« La protection des hydroliennes contre la corrosion marine est assurée par l'application de peintures Anticorrosion sur les composants externes de la turbine, combinée à l'installation d'anodes sacrificielles qui garantissent la protection cathodique de l'ouvrage.

Les anodes positionnées sur le stator et le rotor représentent une masse totale inférieure à 5 tonnes par turbine, et pourront être remplacées à l'occasion des phases d'entretien et maintenance, tous les 5 ans.

Celles installées sur la fondation gravitaire auront une durée de vie de 25 ans, et représentent également une masse totale inférieure à 5 tonnes par turbine. L'ensemble des anodes est composé d'alliage Al-Zn-In-Si (95 % Al ; 5 % Zn ; autres métaux en quantité négligeables). Une peinture de protection antifouling de type Sealion est appliquée sur une surface totale inférieure à 700 m<sup>2</sup> par turbine, conformément à la norme NORFOK M-501 ». Source EDF-EN

- **Système de protection cathodique pour la technologie Hydroquest**

La protection des hydroliennes contre la corrosion marine est assurée par l'application de revêtements sur la turbine, combinée à l'installation d'anodes sacrificielles qui garantissent la protection cathodique de l'ouvrage.

En complément, une peinture antifouling sans biocides est appliquée sur les rotors et une partie importante des surfaces extérieures, sur une surface totale inférieure à 1 000 m<sup>2</sup>.

Les anodes ont été dimensionnées pour résister à l'eau de mer, pendant une durée de vie de **20 ans minimum**. Les anodes sont composées d'un alliage constitué des éléments suivants : Al, Zn et In. L'hydrolienne dispose de plusieurs zones à protéger, en fonction de l'exposition des parties métalliques (intérieures ou extérieures) et selon l'existence ou non d'un revêtement.

Les lests en fonte revêtus, construits par empilement successifs, ne sont pas pris en compte dans le dimensionnement de la protection cathodique. Il n'existe pas de continuité électrique entre la fondation et la turbine. Cependant, toutes les zones constitutives de la turbine ou de la fondation sont en continuité électrique.

Il est important de noter que l'étude de consommation des anodes a été réalisée de manière conservatrice, en supposant les surfaces intérieures de l'hydrolienne non peintes. En réalité, la protection intérieure devrait être réalisée par l'application d'un revêtement de protection à la corrosion, de type NORSOK M-501, couplé à la protection cathodique. Dans ce cas, la consommation d'anodes sur l'hydrolienne sera fortement réduite, de l'ordre de 50 %.

La suite de cette section montre les résultats en considérant l'intérieur de l'hydrolienne non revêtu.

Les surfaces concernées par la protection cathodique sont consignées dans le tableau ci-après.

Sous-ensemble	Surface (en m <sup>2</sup> )	Masse d'alliage théorique (kg)	Type d'anodes	Nombre d'anodes par hydrolienne	Masse pratique totale (kg)
Fondation	1 180	3 850	A1500H	26	3 900
Structure extérieure	668	2 046	A1500H	14	2 100
Structure intérieure	1 552	10 864	A248H	439	10 887

Sous-ensemble	Surface (en m <sup>2</sup> )	Masse d'alliage théorique (kg)	Type d'anodes	Nombre d'anodes par hydrolienne	Masse pratique totale (kg)
Génératrices	50	153	A248H	14	174
Shelter (caisson étanche)	110	214	A1500H	4	300

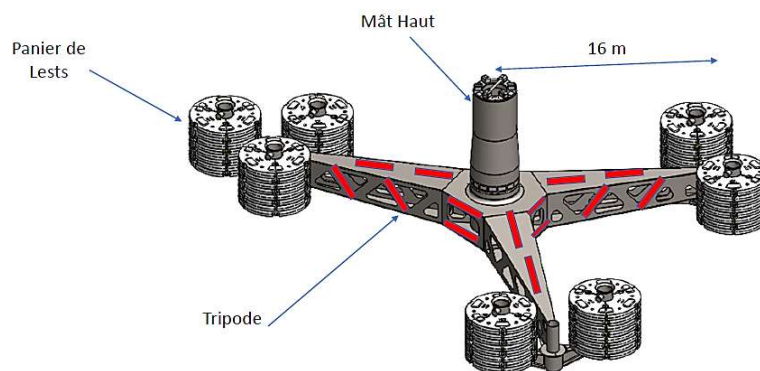
**TABEAU 9 : SURFACES A PROTEGER SUR CHAQUE HYDROLIENNE ET MASSE D'ALLIAGE SACRIFICIEL PAR SOUS-ENSEMBLE DE L'HYDROLIENNE (SOURCE HYDROQUEST)**

Les anodes seront soudées directement sur la structure. Les faibles zones non revêtues seront protégées par les anodes sacrificielles. Le tableau ci-avant détaille les masses d'alliage sacrificiel à mettre en place pour assurer la protection des structures pendant 20 ans.

Les schémas suivants présentent la répartition de l'implantation des anodes galvaniques sur les principaux éléments de chaque hydrolienne :



### Tripode

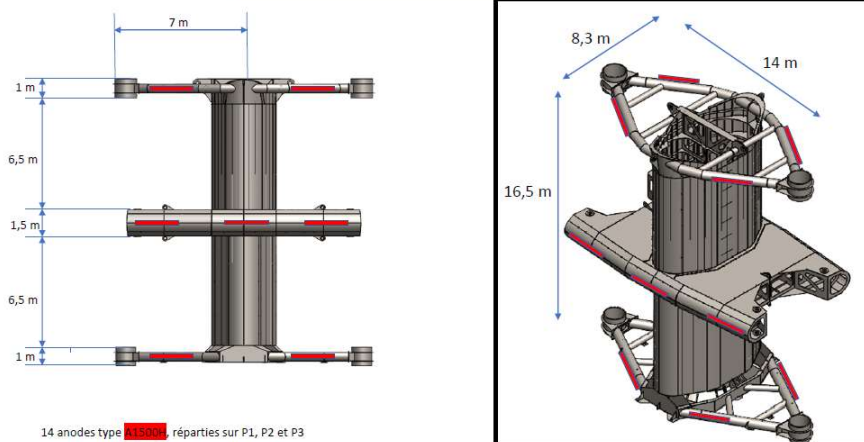


23 anodes A1500H à placer sur le tripode

**FIGURE 27 : LOCALISATION DES ANODES SUR LA FONDATION**



### P1 P2 P3 M1 M2 Extérieur



14 anodes type A1500H réparties sur P1, P2 et P3

**FIGURE 28 : LOCALISATION DES ANODES SUR P1,P2,P3, M1, M2 EXTERIEUR**

Au final, l'étude comparative des 2 projets montre une différence sur la quantité d'alliage utilisé pour réaliser la protection des hydroliennes contre la corrosion. Le tableau suivant montre les masses utilisées par projet et la quantité d'alliage relarguée dans le milieu sur le cycle de vie du projet.

Anode	Projet Normandie Hydro	Projet FloWatt	Ecart entre les 2 projets
Quantité d'anode mis en place sur l'hydrolienne [Masse en Kg]	24 000	17 360	<b>6 640</b>
Estimation de la masse d'anode consommé et relargué dans l'environnement après 20 ans [Masse en Kg]	21 600	15 620	<b>5 980</b>

**TABLEAU 10 : COMPARATIF DES MASSES D'ANODES UTILISEES ET CONSOMMEES POUR LES HYDROLIENNES OPENHYDRO ET HYDROQUEST**

### 4.3.3 Le parc hydrolien

Le tableau ci-dessous permet la comparaison de l'emprise des 2 projets sur le DPM et donc sur l'environnement marin. **Le tableau ci-dessus montre une emprise globale similaire pour les 2 projets.**

Composant	Surface Projet Normandie Hydro	Surface Projet FloWatt	Ecart entre les 2 projets
<b>Surface de contact des fondations gravitaires avec le substratum</b>	$\leq 413 \text{ m}^2$	$\leq 140 \text{ m}^2$	<b>-273 m<sup>2</sup></b>
<b>Surface basale horizontale du tripode (triangulaire) des 7 hydroliennes</b>	$7 * 1\,012,5 = 7\,087 \text{ m}^2$	$7 * 578 = 4\,046 \text{ m}^2$	<b>-3\,041 m<sup>2</sup></b>
<b>Hub de connexion électrique (Surface basale)</b>	$\leq 5 \text{ m}^2$	$\leq 100 \text{ m}^2$	<b>+95 m<sup>2</sup></b>
<b>Surface de contact du hub avec le substratum</b>	$\leq 5 \text{ m}^2$	$\leq 3 \text{ m}^2$	<b>-2 m<sup>2</sup></b>
<b>Câble d'export</b> Pour les 2/3 (3 km) : protections externes (10 m de largeur) Pour le 1/3 (2 km) : ensouillage (1 m de largeur)	$\leq 32\,000 \text{ m}^2$	$\leq 32\,000 \text{ m}^2$	<b>=</b>
<b>Surface Totale en contact avec le fond</b>	$32\,418 \text{ m}^2$	$32\,143 \text{ m}^2$	<b>-275 m<sup>2</sup></b>

**TABLEAU 11 : COMPARATIF DES EMPRISES SUR LE DPM**

**Remarque** : les surfaces basales des hydroliennes et du hub ne sont pas en contact direct avec le fond marin, seules les pointes de leurs fondations gravitaires sont en contact avec le substratum.

## 4.3.4 L'architecture électrique du parc hydrolien

Globalement, les architectures sont semblables entre les 2 projets. Cependant, quelques nuances apparaissent en ce qui concerne l'interconnexion au Hub. Les hydroliennes du projet concédé étaient reliées en chainage bouclé, alors que les hydroliennes du projet Flowatt sont reliés en étoile à un Hub. Cela change très peu la longueur des liaisons inter-hydroliennes. Ainsi, la différence porte sur le Hub lui-même qui est plus imposant (FloWatt) et les connecteurs :

- Les connecteurs « **Dry Mate** » représentent un investissement limité mais ils nécessitent une connexion/déconnexion en surface. Leur déploiement nécessite ainsi une longueur de câbles plus importante entre les turbines (cas du projet Normandie Hydro).
- Les connecteurs « **Wet Mate** » sont plus onéreux mais permettent une connexion/déconnexion sous l'eau. L'absence de connecteur Wet Mate à forte puissance disponible sur le marché implique la nécessité d'ajouter un transformateur dans le Hub (cas du projet FloWatt).

La maintenance et le déploiement sont plus complexes pour l'hydrolienne OpenHydro. La longueur de câble à connecter en « Dry Mate » nécessite 3 fois la hauteur d'eau en plus de câble électrique par hydrolienne, soit environ 120 m de plus par câble électrique par hydrolienne. En « Wet Mate » il est possible de connecter le système sous l'eau « sans mou de câble », c'est-à-dire avec câble presque tendus.

Hydroquest a opté pour une solution de connexion « Wet Mate » du fait de son faible impact sur le milieu naturel.

## 4.3.5 La puissance du parc

La puissance du parc évolue entre les deux projets. Elle passe de 14 MW pour Normandie Hydro à 17 MW pour FloWatt, du fait de la hausse de puissance unitaire des hydroliennes Hydroquest. La valeur de 17 MW correspond à la puissance exportée sur le réseau, une fois les pertes entre les machines et le poste de livraison déduites.

## 4.3.6 Le déploiement du parc hydrolien

Cette partie a pour but de mettre en évidence les similarités et les différences entre les 2 projets en termes de déploiement du parc hydrolien.

### 4.3.6.1 Les hydroliennes

Chaque hydrolienne est déployée avec des moyens nautiques spécifiques. Des navires à positionnement dynamique sont utilisés pour le déploiement des hydroliennes. Il n'y pas d'ancrage du navire sur le fond. Le système de positionnement dynamique permet avec les moteurs de conserver la position à 10 cm près. Pour le déploiement initial, le navire sera équipé de grues de 400 t de capacité permettant le levage des fondations, des lests et des hydroliennes.

L'opération est réalisée avec des conditions météorologiques suffisamment favorables avec un coefficient de marée de faible à moyen. L'opération est réalisée suivant les phases suivantes :

- Phase 1 : Déploiement des fondations et des lests
- Phase 2 : Déploiement des turbines

Le déploiement de l'ensemble du parc est estimé à 1,5 mois. En effet, les contraintes de marée limitent la durée des travaux journaliers de déploiement sur les étales de marées (toutes les 6 heures) et sur les mortes eaux (toutes les deux semaines).

## 4.3.6.2 Les liaisons électriques hydroliennes-Hub

L'architecture de câbles du projet FloWatt est sensiblement différente de celle du projet Normandie Hydro, essentiellement du fait du changement de type de connecteurs. La technologie Wet Mate retenue par HydroQuest est plus simple en termes de déploiement et de maintenance et moins impactante pour l'environnement :

- Sur chaque liaison d'hydrolienne avec le Hub, il y aura 7 \* 120 m soit 840 m de câble en moins au total par rapport au projet concédé.
- Les déconnexions et reconnexions des câbles lors des opérations de maintenance sont significativement réduites et ne nécessitent pas de relever l'entièreté du câble.

Cette solution de connexion en Wet Mate impose une tension de 8 kV car aucun connecteur Wet Mate à plus haute tension n'existe sur le marché aujourd'hui. Par conséquent, elle impose l'ajout d'un hub qui permet d'augmenter la tension d'export de 8 kV à 20 kV.

**La surface basale de ce hub est d'environ 100 m<sup>2</sup> mais la surface de contact sur le substratum est similaire au projet concédé (soit environ 3 m<sup>2</sup>). Malgré l'ajout de cet équipement, l'emprise totale du projet FloWatt sur le DPM est moindre que le projet concédé, comme indiqué en *Tableau 11*.**

La partie opérationnelle du déploiement des câbles est réalisée par un navire câblé à système de positionnement dynamique.

Ces navires sont équipés d'un système de pose composé à minima :

- D'un carrousel ou touret sur lequel est enroulé le câble à déployer (vertical ou horizontal) ;
- Un système de tensionneur permettant de dérouler le câble ;
- Une chute ou gouttière située à l'arrière du bateau (ou sur le côté) guidant la sortie du câble du pont du navire vers le fond marin.

Une différence est toutefois à noter entre les 2 projets.

En effets, le projet Normandie Hydro a choisi des connecteurs de liaison sec (Dry Mate) pour réaliser l'interconnexion avec le Hub alors qu'HydroQuest déploiera des connecteurs humides (Wet Mate). Le déploiement pour les connecteurs secs est plus complexe et plus long car il se fait en surface et il faut 3 fois la longueur de câbles (au niveau du connecteur) pour réaliser en toute sécurité la connexion/déconnexion. Il faut en outre des moyens nautiques plus lourds puisqu'un levage d'une partie du câble est nécessaire.

Dans le cas du système proposé par HydroQuest, la longueur de câble est moins importante avant la connexion au Hub et les opérations maritimes sont plus légères et plus rapides. Ces avantages réduisent l'emprise sur l'environnement et les impacts potentiels en faveur du projet FloWatt.

## 4.3.6.3 Câble export sous-marin - zone d'atterrage

**L'architecture du câble export sous-marin à la zone d'atterrage est identique à celle du projet Normandie Hydro.**

**Le passage est prévu dans le même fuseau avec la même emprise sur le DPM. Les responsabilités dans les parties respectives sont les même entre les 2 projets comme le montre la figure 12.**



L'interconnexion du hub vers la zone d'atterrage est réalisée par le même type de navire que pour l'interconnexion du hub vers chaque hydrolienne.

L'emprise réellement occupée à l'intérieur de ce couloir sera limitée au diamètre du câble et à la largeur de ses éléments de stabilisation éventuels, tout le long de son tracé. La localisation définitive du câble d'export sera communiquée à l'issue des travaux.

La pose de la liaison principale entre le parc hydrolien (hub de connexion) et le parking de la Baie d'Ecalgrain sera réalisée en une seule opération. La durée de l'opération dépendra de la météo mais ne doit pas dépasser quelques jours (2 à 3 jours).

En revanche, sa réalisation sera planifiée de préférence pendant un créneau de mortes eaux afin de limiter l'impact du courant pendant la durée de la pose.

Les principales différences entre les deux projets sont synthétisées dans le tableau ci-après.

Eléments	OpenHydro	OceanQuest
<b>Vue d'ensemble</b>		
<b>Les hydroliennes</b>		
<b>Navire</b>	Barge remorquée et ancrée sur site	Navire à positionnement dynamique (pas d'ancrage)
<b>Liaisons électriques Hydrolienne – Hub</b>		
<b>Connecteur</b>	DRY MATE	WET MATE
<b>Différence</b>	Durée du déploiement plus importante Moyens de levages lourds nécessaires	Durée du déploiement moins importante
	Connexion des câbles dans des boîtiers à sec	Connexion des câbles dans des boîtiers humides (Connexion sous-marine) à l'aide de plongeurs

**TABLEAU 12 : PRINCIPALES DIFFERENCES DU PROJET EN PHASE DE DEPLOIEMENT**



## 4.3.7 La phase d'exploitation

Cette partie a pour but de mettre en évidence les similarités et les différences entre les 2 projets sur la phase d'exploitation du parc hydrolien.

- **Maintenance :**

Beaucoup de points sont identiques en termes de maintenance pour des deux types d'hydroliennes. La conception robuste de la turbine HydroQuest limite considérablement le risque de casse et implique donc une fréquence de maintenance plus faible, limitant par conséquent les impacts potentiels sur l'environnement.

En ce qui concerne la maintenance du système HydroQuest, il est prévu une sortie de l'eau tous les 5 à 7 ans des hydroliennes en fonction du comportement réel des pièces d'usures et des revêtements.

La turbine nécessite très peu de maintenance préventive :

- L'ensemble des éléments étant dimensionné pour une durée de 25 ans
- Le faible nombre d'actionneurs, couplé à de la redondance, améliorant sensiblement la fiabilité du système

Les maintenances consisteront en des retouches des systèmes de revêtement, du remplacement des anodes, des nettoyages des espèces colonisantes, une vérification des composants électriques et électroniques, un entretien des pièces en rotation des lignes d'arbre, voire des remplacements de composants.

Une partie de ces opérations de maintenance pourra être effectuée sous l'eau à l'arrêt des turbines à l'aide de plongeurs ou de ROV.



- **Système de monitoring :**

Le parc hydrolien est équipée d'un Système de monitoring de type **système de contrôle et d'acquisition de données en temps réel (SCADA)** permettant le pilotage de des hydroliennes à l'aide de données collectées par des capteurs installés sur la structure permettant de contrôler le productible (production d'énergie) et de contrôler d'éventuelles défaillances. Les capteurs suivants seront à priori installés :

- Capteurs d'efforts, de vibration et de pression
- Capteurs de température
- Capteurs de vitesse de courants localisés
- Suivi environnemental (qualité des eaux)
- Etanchéité (humidité) au niveau du convertisseur (Shelter)

**Remarque :** Les données sont transmises à terre à l'aide de fibres optiques intégrées dans le câble d'export.

Les principales différences entre les deux projets sont synthétisées dans le tableau ci-après. L'écart met en évidence la différence entre les 2 projets.

Eléments	Normandie Hydro	FloWatt	Différences entre les 2 projets
Vue d'ensemble			
Turbine	Rotor horizontal	Rotor Vertical	Position différente dans la colonne d'eau pour capter l'énergie du courant de marée
Vitesse de rotation t/mn (Excédée 10 % du temps)	< 12 tr/min	< 12 tr/min	=
Surface balayée des rotors	200 m <sup>2</sup>	360 m <sup>2</sup>	+160 m <sup>2</sup>
Maintenance	Sortir de l'eau tous les 5 ans  (Source Dossier DPM EDF-EN)	Sortir de l'eau tous les 5 à 7 ans  (Navire à positionnement dynamique de capacité 250 t ou plus)	=
<b>Emprise verticale (face au courant)</b>			
Hauteur	20 m	21 m	+1 m
Largeur	16 m	25 m	+9 m
Surface	320 m <sup>2</sup>	525 m <sup>2</sup>	+165 m <sup>2</sup>
<b>Emprise verticale (profil au courant)</b>			
Hauteur	20 m	21 m	+1 m
Largeur	9 m	10 m	+1 m
Surface	180 m <sup>2</sup>	210 m <sup>2</sup>	+ 30 m <sup>2</sup>
<b>Emprise Fondation gravitaire</b>			

Éléments	Normandie Hydro	FloWatt	Différences entre les 2 projets
Longueur	45 m	30 m	-15 m
Largeur	45 m	34 m	-11 m
Surface basale horizontale du tripode	7 087 m <sup>2</sup>	4 046 m <sup>2</sup>	-3 041 m <sup>2</sup>
Surface de contact des fondations gravitaires avec le fond	<= 413 m <sup>2</sup>	<= 140 m <sup>2</sup>	-273 m <sup>2</sup>
<b>Hub &amp; Câbles électriques</b>			
Emprise spatiale du Hub	5 m <sup>2</sup>	100 m <sup>2</sup>	+ 95 m <sup>2</sup>
Surface de contact du hub avec le substratum	<= 5 m <sup>2</sup>	<= 3 m <sup>2</sup>	-2 m <sup>2</sup>
Différence Câbles électrique liée à la présence de connecteurs différents	<p><b>Longueur de câble électrique plus importante</b></p> <p>+ 120 m de longueur de câble/ hydrolienne</p> <p>+ 840 m de plus l'ensemble du parc</p> <p>Manipulation d'une partie importante du câble à chaque maintenance d'hydrolienne</p>	<p><b>Longueur de câble électrique moins importante</b></p> <p>Très peu de manipulations sur les câbles en phases de maintenance</p>	<p><b>Longueur de câble électrique moins importante</b></p> <p>Moins de manipulation du câble</p>
Connecteurs	DRY MATE	WET MATE	<b>Différents connecteurs</b>

TABLEAU 13 : PRINCIPALES DIFFERENCES DU PROJET EN PHASE D'EXPLOITATION

## 5 LES IMPACTS AU NIVEAU DE LA PARTIE MARITIME

### 5.1 LES IMPACTS EN PHASE D'INSTALLATION

#### 5.1.1 Préambule : rappel sur le déroulé des travaux

La méthodologie de travaux est relativement similaire entre les deux projets :

- **Installation des hydroliennes :**

Pour cette phase d'installation, la principale différence entre les deux projets provient du moyen nautique utilisé ; ainsi le projet concédé prévoyait l'utilisation d'une barge remorquée sur la zone, nécessitant un ancrage sur le fond. Pour le projet FloWatt, les hydroliennes sont transportées par un navire équipé du positionnement dynamique ne nécessitant aucun ancrage sur le fond.

- **Installation des câbles en mer :**

De la même manière que pour le projet Normandie Hydro, les câbles sont posés sur le fond et stabilisés soit par des matelas bétons, soit par enrochements, soit par des coquilles en fonte. Au niveau des substrats meubles, le câble d'export sera ensouillé ; de la même manière que pour le projet Normandie Hydro.

Notons toutefois une différence entre les deux projets : celle-ci concerne l'utilisation du système de connexion « wet-mate » ou « connexion en eau » pour le projet FloWatt contre la mise en œuvre de connexion « dry-mate » ou « connexion hors d'eau » pour le projet Normandie Hydro. L'utilisation de ce système permet de s'exonérer d'une connexion « à sec » (dry mate) réalisée sur le navire, limitant ainsi la longueur des câbles.

- **Atterrissage du câble :**

L'installation du câble d'export au niveau de la zone d'atterrissage est en tout point similaire entre les deux projets ; à savoir :

- Enfouissement du câble par forage dirigé au niveau de la partie haute de l'estran et au niveau des affleurements rocheux. Notons également que les boues de forage sont stockées dans une cuve temporaire avant d'être envoyées dans une unité de recyclage ;
- Enfouissement du câble à l'aide d'une pelle mécanique posé sur ponton flottant au niveau de la partie basse de la plage.

Les surfaces de contact au sol entre les deux projets sont relativement similaires :

Composants	Surface Projet Normandie Hydro	Surface Projet FloWatt	Ecart entre les 2 projets
Surface basale horizontale du tripode (triangulaire) des 7 hydroliennes	7*1012,5 = 7 087 m <sup>2</sup>	7*578 = 4 046 m <sup>2</sup>	-3 041 m <sup>2</sup>
Surface de contact des fondations gravitaires avec le substratum	<= 413 m <sup>2</sup>	<= 140 m <sup>2</sup>	-273 m <sup>2</sup>
Hub de connexion électrique	<= 5 m <sup>2</sup>	<= 100 m <sup>2</sup>	+95 m <sup>2</sup>
Surface de contact du hub avec le substratum	<= 5 m <sup>2</sup>	<= 3 m <sup>2</sup>	-2 m <sup>2</sup>
Câble d'export	<= 32 000 m <sup>2</sup>	<= 32 000 m <sup>2</sup>	=

Pour les 2/3 (3km) : protections externes (10 m de largeur) - Pour le 1/3 (2km) : ensouillage (1 m de largeur)			
<b>Surface Totale en contact avec le fond</b>	32 418 m <sup>2</sup>	32 145 m <sup>2</sup>	<b>-275 m<sup>2</sup></b>

**TABLEAU 14 : SURFACE AU SOL DES PROJETS NORMANDIE HYDRO ET FLOWATT**

## 5.1.2 Les impacts sur le milieu physique en phase d'installation

Le tableau ci-dessous compare les impacts sur le milieu physique en phase d'installation, entre le projet Normandie Hydro et le projet FloWatt.

Thématique	Type d'effet	Niveau d'impact du projet Normandie Hydro	Niveau d'impact du projet FloWatt
Géologie	Modification du substratum au niveau du forage dirigé	Faible	Faible
Morphologie des fonds	Aplanissement des microreliefs sous les fondations	Faible	Faible
	Modification de la bathymétrie par mise en place de protections externes		
	Modification locale de la morphologie des fonds suite aux opérations de tranchage		
Agents hydrodynamiques	Perturbation éventuelle très locale des courants et de l'agitation	Négligeable voire nul	Négligeable voire nul
Nature des fonds	Modification de la dynamique sédimentaire	Faible	Faible
	Remaniement des fonds		
	Apport de matériaux extérieurs		
Qualité des eaux	Augmentation de la turbidité	Négligeable voire nul	Négligeable voire nul. Altération très localisée si utilisation de moyens limités d'ensouillage de stabilisation du câble
	Remise en suspension de particules contaminées		
	Altération par apport de matériaux extérieurs		
Qualité des sédiments	Contamination des sédiments liée au dépôt de matériaux extérieurs	Nul	Nul
Environnement sonore aérien	Augmentation du bruit lié au trafic des navires d'installation et aux travaux d'atterrage	Faible à Moyen <sup>6</sup>	Faible à Moyen <sup>6</sup>
Environnement sonore	Augmentation du bruit lié au trafic des navires	Faible	Faible

<sup>6</sup> Le niveau « Moyen » est attribué à l'unité de forage déployée sur le parking

sous-marin	d'installation		
	Augmentation du bruit lié à l'ensouillage éventuel du câble		
	Augmentation du bruit lié à l'opération de réalisation de la tranchée		
Champ électromagnétique	Pas d'effet en phase de Construction	Nul	Nul

**TABLEAU 15 : ANALYSE COMPARATIVE DES IMPACTS SUR LE MILIEU PHYSIQUE EN PHASE DE CONSTRUCTION ENTRE LE PROJET NORMANDIE HYDRO ET LE PROJET FLOWATT**

La méthodologie de travaux étant très similaire entre les projets Normandie Hydro et FloWatt, les impacts sur le milieu physique en phase d'installation sont évalués de même niveau.

### 5.1.3 Les impacts sur le milieu biologique en phase d'installation

Le tableau ci-dessous compare les impacts sur le milieu biologique en phase d'installation, entre le projet Normandie Hydro et le projet FloWatt. Les principales différences sont indiquées en gras.

Thématique	Type d'effet	Niveau d'impact du projet Normandie Hydro	Niveau d'impact du projet FloWatt
Biocénoses planctoniques	Perturbation liée à la remise en suspension des sédiments	Négligeable	Négligeable
Habitats benthiques	Destruction directe	Moyen	Moyen
	Perturbation par remise en suspension de sédiments		
Espèces benthiques (ou démersales)	Destruction directe – <b>Impact légèrement moins important pour le projet FloWatt du fait du positionnement dynamique des navires évitant ainsi un ancrage sur le fond et donc une moindre altération des espèces benthiques</b>	Faible	Faible
	Perturbation par remise en suspension de sédiments		
	Perturbation liée aux nuisances sonores et vibrations		
Ressource halieutique pélagique	Perturbation par remise en suspension de sédiments	Faible	Faible
	Perturbation liée aux nuisances sonores		
Mammifères marins	Perturbation liée à l'augmentation du bruit sous-marin	Négligeable à Faible selon les espèces	<b>Négligeable à Faible selon les espèces</b>
	Perturbation liée à une remise en suspension de sédiments (modification des habitats)		
	Risque de collision avec les navires présents sur zone		
Avifaune	Perturbation liée à l'augmentation de bruit aérien	Négligeable pour oiseaux marins	<b>Négligeable pour oiseaux marins</b>
	Perturbation liée à l'augmentation de bruit sous-marin		
	Gêne pour la localisation des proies liée à la remise en suspension de sédiments pour les oiseaux plongeurs	Faible pour oiseaux nicheurs de l'estran	<b>Faible pour oiseaux nicheurs de l'estran</b>
	Dérangement des oiseaux littoraux nicheurs de l'estran durant les travaux liés l'atterrage		

**TABLEAU 16 : ANALYSE COMPARATIVE DES IMPACTS SUR LE MILIEU BIOLOGIQUE EN PHASE DE CONSTRUCTION ENTRE LE PROJET NORMANDIE HYDRO ET LE PROJET FLOWATT**

De la même manière que pour le milieu physique, la méthodologie de travaux étant relativement similaire entre le projet Normandie Hydro et le projet FloWatt, les impacts sur le milieu biologique en phase d'installation sont évalués de même niveau.

Notons tout de même que les impacts sur les habitats benthiques seront légèrement inférieurs, et ce principalement du fait que les navires d'installation sont équipés du système à positionnement dynamique, évitant ainsi l'ancrage sur le fond ; le niveau d'impact reste de même niveau.

### 5.1.4 Les impacts sur le patrimoine écologique, paysager et culturel en phase d'installation

Le tableau ci-dessous compare les impacts sur le patrimoine écologique, paysager et culturel en phase d'installation, entre le projet Normandie Hydro et le projet FloWatt.

Thématique	Type d'effet	Niveau d'impact du projet Normandie Hydro	Niveau d'impact du projet FloWatt
Patrimoine écologique	Perturbation des habitats sur le tracé de câble traversant les ZNIEFF	Négligeable	Négligeable
Paysage	Présence d'engins de chantier en mer et sur le parking de l'arrière-plage durant les travaux d'installation du parc pilote	Faible	Faible
Patrimoine culturel	-	Nul	Nul

**TABLEAU 17 : ANALYSE COMPARATIVE DES IMPACTS SUR LE PATRIMOINE ECOLOGIQUE, PAYSAGER ET CULTUREL EN PHASE DE CONSTRUCTION ENTRE LE PROJET NORMANDIE HYDRO ET LE PROJET FLOWATT**

Les impacts sur le patrimoine écologique, paysager et culturel sont également du même ordre de grandeur entre le projet Normandie Hydro et le projet FloWatt.

### 5.1.5 Les impacts sur le milieu humain en phase d'installation

Le tableau ci-dessous compare les impacts sur le milieu humain en phase d'installation, entre le projet Normandie Hydro et le projet FloWatt. Les principales différences sont indiquées en gras.

Thématique	Type d'effet	Niveau d'impact du projet Normandie Hydro	Niveau d'impact du projet FloWatt
Navigation maritime	Site d'implantation en dehors des principales routes empruntées par les cargos et navires de commerce. Un périmètre de sécurité sera établi autour des zones de travaux. Un AVURNAV indiquera la période, la position et la nature des travaux	Faible	Faible
Zones maritimes réglementées	Aucune zone réglementée sur la zone de travaux. Possible perturbation temporaire de l'axe d'entrée au port de Goury.	Négligeable	Négligeable
Sécurité maritime	Travail de coordination pour assurer la sécurité maritime par les acteurs de concernés : un périmètre de sécurité sera établi autour des zones de travaux. Un AVURNAV (avis urgent aux navigateurs) informera les usagers de l'installation de nouveaux obstacles. <b>Intervention plus limitée sur le projet FloWatt du fait de la mise en œuvre d'un système de connexion Wet-Mate</b>	Négligeable	Négligeable
Activité de pêche professionnelle	Suppression d'une zone de pêche ; report de l'activité des professionnels de la pêche sur d'autres zones de pêche. Navigation perturbée. <b>Intervention plus limitée sur le projet FloWatt du fait de la mise en œuvre d'un système de connexion Wet-Mate</b>	Moyen	Moyen
Activités de tourisme et de loisirs (maritimes et côtières)	Navigation perturbée liée au périmètre d'interdiction autour de la zone de travaux Interdiction d'accès aux zones de chantier pendant les travaux. Gêne potentielle des activités de tourisme et de loisirs. <b>Intervention plus limitée sur le projet FloWatt du fait de la mise en œuvre d'un système de connexion Wet-Mate</b>	Faible	Faible
Santé humaine	Risque lié à la détérioration de la qualité des eaux	Moyen	Moyen
	Risque lié à la détérioration de la qualité de l'air		
	Risque lié aux nuisances sonores		

**TABLEAU 18 : ANALYSE COMPARATIVE DES IMPACTS SUR LE MILIEU HUMAIN EN PHASE DE CONSTRUCTION ENTRE LE PROJET NORMANDIE HYDRO ET LE PROJET FLOWATT**

De la même manière que pour les autres compartiments, les impacts sur le milieu humain sont relativement similaires entre les deux projets. Ainsi, la différence des moyens nautiques (navires à positionnement dynamique pour le projet FloWatt contre barge/remorqueur pour le projet Normandie Hydro) ne génère pas de surrisques liés à la navigation lors de la pose des hydroliennes.



Notons également que l'utilisation du système de connexion « Wet-Mate » permet de limiter les opérations (pas de remontée des câbles au niveau des navires), de ce fait les interventions sont légèrement plus limitées que pour le projet Normandie Hydro.

## 5.1.6 Synthèse des impacts en phase d'installation

Les principales différences dans la phase d'installation des hydroliennes entre le projet Normandie Hydro et le projet FloWatt relèvent des deux points suivants :

- Utilisation d'un navire équipé du système à positionnement dynamique en lieu et place d'une barge et d'un remorqueur nécessitant un ancrage sur zone, impliquant une perturbation moindre des habitats benthiques ;
- Installation d'un système de connexion « Wet-Mate » ou « connexion en eau » en lieu et place d'un système de connexion « Dry-Mate » ou « connexion hors d'eau » (en l'occurrence sur un navire).


Ces différences de mise en œuvre n'engendrent pas d'accroissement des impacts, ces derniers pourraient être même considérés légèrement inférieurs du fait de la limitation de la durée d'intervention du fait du système de connexion électrique de type « Wet-Mate ».

## 5.2 LES IMPACTS EN PHASE D'EXPLOITATION

### 5.2.1 Préambule : rappel sur les caractéristiques des machines

Si les méthodes d'installation des hydroliennes et des câbles sont relativement identiques entre le projet FloWatt et le projet Normandie Hydro, la technologie des hydroliennes diffère.

Les hydroliennes « OpenHydro » sont caractérisées comme « **hydroliennes à axe horizontal** » tandis que les hydroliennes « HydroQuest » sont caractérisées comme « **hydroliennes à axe vertical** ». Le Tableau 19 ci-dessous détaille les caractéristiques principales de chaque technologie.

Éléments	Technologie OpenHydro	Technologie HydroQuest	Ecarts entre les 2 projets
<b>Vue d'ensemble</b>			
<b>Turbine</b>	<b>Rotor horizontal</b>	<b>Rotor Vertical</b>	
<b>Vitesse de rotation tr/mn</b> (Excédée 10 % du temps)	<b>12 tr/mn</b>	<b>12 tr/mn</b>	<b>=</b>
<b>Surface balayée des rotors</b>	200 m <sup>2</sup>	360 m <sup>2</sup>	<b>+160 m<sup>2</sup></b>
<b>Maintenance</b>	<b>Tous les 5 ans</b> (Source Dossier DPM EDF-EN)	<b>Sortie de l'eau tous les 5 à 7 ans</b> (Moyens nautiques plus légers que pour le déploiement puisque seule la turbine est relevée)	<b>Fréquence de maintenance plus faible, moyens plus légers</b>
<b>Emprise verticale (face au courant)</b>			
<b>Hauteur</b>	20 m	21 m	<b>+1 m</b>
<b>Largeur</b>	16 m	25 m	<b>+9 m</b>
<b>Surface</b>	320 m <sup>2</sup>	525 m <sup>2</sup>	<b>+165 m<sup>2</sup></b>
<b>Emprise verticale (profil au courant)</b>			
<b>Hauteur</b>	20 m	21 m	<b>+1 m</b>
<b>Largeur</b>	9 m	10 m	<b>+1 m</b>
<b>Surface</b>	180 m <sup>2</sup>	210 m <sup>2</sup>	<b>+30 m<sup>2</sup></b>
<b>Emprise Fondation gravitaire</b>			

Éléments	Technologie OpenHydro	Technologie HydroQuest	Ecart entre les 2 projets
Longueur	45 m	30 m	-15 m
Largeur	45 m	34 m	-11 m
<b>Hub &amp; Câbles électriques</b>			
Emprise spatiale du Hub	5 m <sup>2</sup>	100 m <sup>2</sup>	+95 m <sup>2</sup>
Surface de contact du hub avec le substratum	<= 5 m <sup>2</sup>	<= 3 m <sup>2</sup>	-2 m <sup>2</sup>
Différence Câbles électrique liée à la présence de connecteurs différents	Longueur de câble électrique plus importante + 120 m de longueur de câble/hydrolienne + 840 m de plus l'ensemble du parc	Longueur de câble électrique moins importante	
Connecteurs	Dry Mate	Wet Mate	





**TABLEAU 19 : PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DES DEUX PROJETS**

Outre la différence de technologie, les caractéristiques des hydroliennes diffèrent sur certains points notamment les surfaces d’emprises verticales. Les évolutions entre les deux projets peuvent donc générer des impacts différents sur l’environnement. L’ensemble des impacts en phase d’exploitation sur les différents milieux sont donc repris dans le présent chapitre.

Du fait du changement de technologie et de ce que cela engendre (dimension, axe de rotation), une attention particulière doit être portée sur certaines composantes de l’environnement. Ainsi dans le cadre du présent examen au cas par cas, des études spécifiques ont été réalisées afin :

- D’évaluer les modifications des flux de métaux générées par les anodes sacrificielles ;
- D’évaluer les impacts acoustiques engendrés par le changement de machines ;
- D’évaluer le sur risque potentiel de collision entre les hydroliennes et les mammifères marins fréquentant la zone ;
- D’évaluer le sur risque potentiel de collision entre les hydroliennes et les oiseaux plongeurs utilisant la zone pour leur alimentation.

Le tableau ci-dessous liste les études complémentaires réalisées dans le cadre du présent examen au cas par cas :

Thématiques	Titre de l'étude	Détail	Prestataire	Références dans le présent rapport
Anodes sacrificielles	Estimation de la quantité d'aluminium d'anode relarguée par un champ hydrolien dans la zone du raz Blanchard	-Estimation de la quantité d'aluminium relarguée par le système de protection cathodique  -Comparaison avec le projet EDF OpenHydro	 Institut de la Corrosion French Corrosion Institute	Institut de la corrosion, 2021
Impacts acoustiques	Phase 1 : État initial du bruit ambiant sur la zone d'étude du Raz Blanchard.  Phase 2 : Étude des effets acoustiques du projet Parc hydrolien Normandie Hydro	Modélisation du bruit ambiant et du bruit généré par les hydroliennes en fonctionnement. Modélisation des impacts acoustiques sur les mammifères marins.	 SINAY MARITIME DATA SOLUTION	Sinay, 2021a
Sur-risque de collision avec les mammifères marins	Synthèse bibliographique Mammifères marins	Modélisation du risque entre les mammifères marins et les hydroliennes – Comparaison entre le projet PNHN et le projet FloWatt	 SINAY MARITIME DATA SOLUTION	Sinay, 2021b
Sur-risque de collision avec les oiseaux	Projet hydrolien du Raz Blanchard Synthèse bibliographique	Analyse bibliographique des espèces présentes  Évaluation du sur-risque de collision		Groupe ornithologique normand (GONm)

**TABLEAU 20 : ÉTUDES SPECIFIQUES EFFECTUEES DANS LA PRESENTE DEMANDE DE CAS PAR CAS**

## 5.2.2 Les impacts sur le milieu physique en phase d'exploitation

### 5.2.2.1 Les incidences du changement de technologie sur les impacts sur la qualité de l'eau liés aux anodes sacrificielles

Comme évoqué auparavant, dans le cadre du présent dossier d'examen au cas par cas, une étude spécifique aux anodes sacrificielles a été réalisée par l'Institut de la Corrosion. L'étude figure en intégralité en annexe, les principales conclusions de cette dernière sont présentées ci-après.

#### 5.2.2.1.1 Les anodes installées sur les hydroliennes dans le cadre du projet FloWatt

Le système de protection des hydroliennes est identique pour les deux projets : protection par anodes sacrificielles de types galvaniques. Les anodes sont composées d'alliage : Aluminium, Zinc, Indium (95 % Al ; 5 % Zn ; autres métaux en quantité négligeable).

#### 5.2.2.1.2 Quantité et concentration d'aluminium relarguée

Les anodes sont constituées à 95 % d'aluminium. Seules les quantités d'aluminium ont été évaluées. Les quantités de zinc et autres métaux représentant 5 % de la masse de l'anode, seront inférieures au moins d'un facteur 20 aux teneurs en aluminium. Or la teneur en zinc de l'eau de mer est déjà du même ordre que celle de l'aluminium hors silicates d'aluminium (kaolinite, illite...), les niveaux de relargage de zinc seront donc bien inférieurs à ceux de l'aluminium évalués ci-après.

- **Quantité d'anodes consommées**

Une estimation de la quantité d'aluminium d'anode relarguée par le système de protection cathodique appliqué au champ hydrolien a été réalisée par l'Institut de la Corrosion. Cette estimation a été réalisée à partir des informations fournies dans la note de calcul de protection cathodique réalisée par Bac Corrosion Control pour Hydroquest, permettant d'évaluer la quantité d'aluminium total relargué dans l'environnement et des données de courantologie de la zone.

La Figure 29 ci-dessous représente une estimation de la masse totale d'aluminium relarguée par les anodes du champ hydrolien après chaque d'année d'immersion. Les valeurs présentées ici, ne dissocient pas la quantité d'anode dissoute dans l'eau de la quantité précipitée dans le milieu aqueux ou redéposée sur les sédiments. Ces masses totales ont été utilisées pour estimer la concentration en aluminium totale (dissoute+ précipitée) dans un volume de dilution spécifique. Après 10 et 20 ans les masses totales d'aluminium relargué ont été estimées à 48,9 et 109 tonnes respectivement.

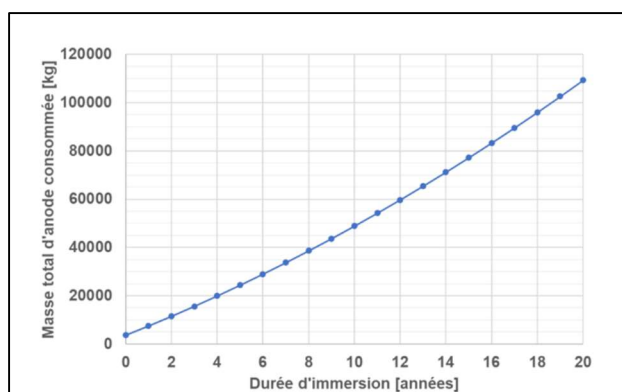


FIGURE 29 : EVOLUTION DE LA MASSE TOTALE D'ANODE CONSOMME PAR LES SYSTEMES DE PROTECTION CATHODIQUE DE 7 HYDROLIENNES EN FONCTION DU TEMPS – (INSTITUT DE LA CORROSION, 2021)

Sur la durée totale du projet (20 ans), environ 109 tonnes d'anodes seront consommées sur les 121,5 tonnes d'anodes utilisées.

- **Concentration de l'aluminium dans le milieu**

La concentration en aluminium dans le milieu est estimée à partir des vitesses de courants, de la marée et d'un volume considéré.

Comme illustré sur la figure suivante, les vitesses moyennes des courants au niveau de la zone d'étude sont de 2,3 m/s. La surface du champ hydrolien est de 50 000 m<sup>2</sup>. À partir de ces données et selon les hypothèses de calcul simplifiées considérées, il est possible d'estimer la distance parcourue par une particule relarguée au flot et au jusant (49,68 km dans les 2 cas) et un volume d'eau dans lequel seront diluées les masses d'anodes relarguées par les anodes. Ce volume de dilution a été estimé à 700 millions de m<sup>3</sup>.

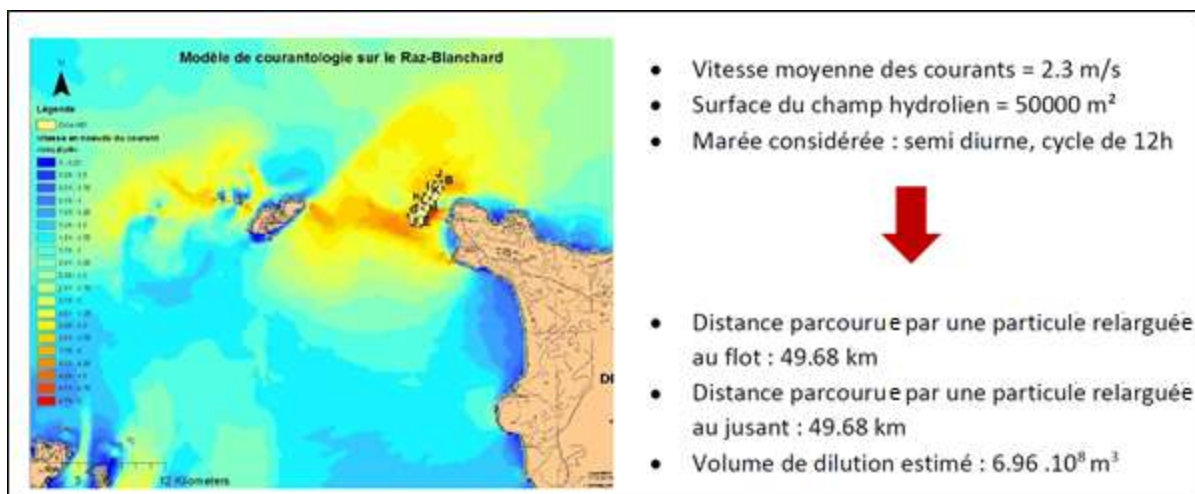


FIGURE 30 : MODELE DE COURANTOLOGIE SUR LE RAZ BLANCHARD (INSTITUT DE LA CORROSION, 2021)

À partir de ces résultats, la concentration en aluminium totale (dissoute + précipitée) dans le volume de dilution estimé a été calculée en fonction du temps comme présenté en Figure 31. Après 10 et 20 ans les concentrations aluminium total (dissous et précipité) relarguées ont été estimées à 63 et 157 µg/L respectivement.

À titre de comparaison, la quantité d'aluminium naturellement présente dans l'eau de mer sous forme dissoute est comprise entre 2 et 140 µg/L en moyenne. Il est rappelé qu'en pratique, sur les 157 µg/L maximum estimés, une fraction très peu significative sera réellement dissoute.

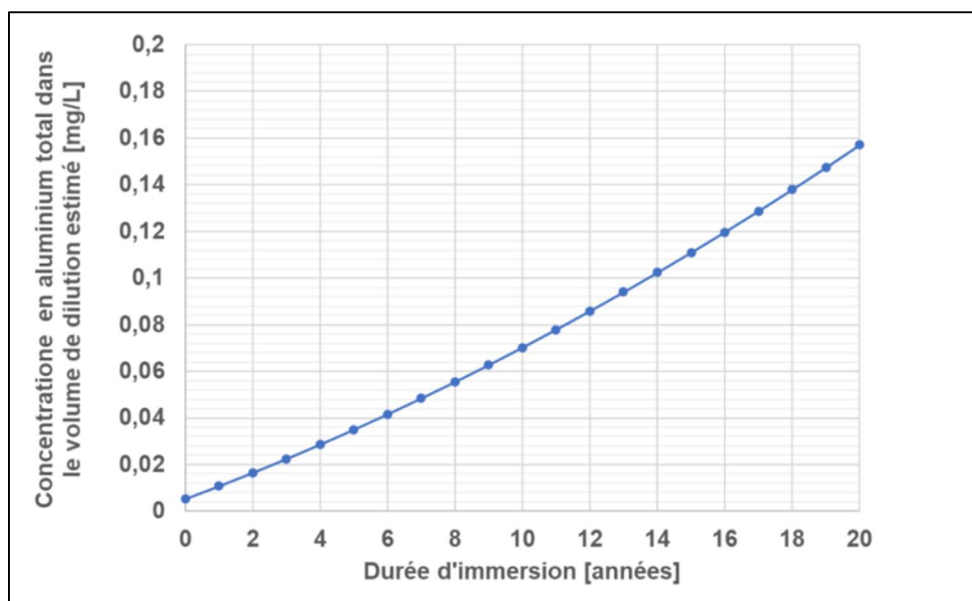


FIGURE 31 : EVOLUTION DE LA CONCENTRATION EN ALUMINIUM TOTAL DANS LE VOLUME DE DILUTION ESTIME POUR 7 HYDROLIENNES EN FONCTION DU TEMPS (INSTITUT DE LA CORROSION, 2021)

- **Hypothèse de l'approche considérée**

Dans l'approche choisie pour cette étude, la quantité totale d'aluminium relarguée a été considérée. On considère donc que 100 % du métal se dissout dans l'eau de mer, ce qui constitue le pire scénario pour l'environnement aqueux, mais pas pour la zone sédimentaire du champ hydrolien. La part d'aluminium dissoute ou particulaire n'a pas été distinguée.

Il est important de rappeler que le volume de dilution dans cette approche considère une vitesse de courant semblable au flot et au jusant. En pratique des vitesses de courants différents auront tendance à augmenter le volume de dilution et donc à abaisser les concentrations. L'approche considérée ici ne prend pas en compte l'effet d'une diffusion des particules d'aluminium perpendiculairement au courant, ce qui tendrait également à augmenter le volume de dilution.

Cette approche permet d'estimer la quantité d'aluminium dans un volume de dilution donnée en considérant des hypothèses de diffusion simplifiées, mais ne permet pas d'estimer la diffusion réelle des particules dans l'environnement. La diffusion des particules d'aluminium dans les sédiments n'a pas été considérée dans ce cas. De nombreux facteurs (vents, complexité des courants locaux, précipitations, etc.) peuvent influencer de manières plus ou moins significatives la diffusion des particules d'aluminium relargué dans l'environnement (Institut de la Corrosion, 2021).

### 5.2.2.1.3 Comparaison avec le projet Normandie Hydro

Rappelons tout d'abord que les systèmes de protection cathodique sont identiques pour les deux projets, à savoir l'utilisation d'anodes galvaniques Al/Zn/In étaient envisagées pour le modèle OpenHydro (projet Normandie Hydro).

Pour rappel également, selon l'étude d'impact du projet Normandie Hydro, la quantité d'anodes utilisée pour le stator et le rotor d'OpenHydro est inférieure à 5 tonnes par turbine pour une durée de 5 ans. 5 tonnes d'anodes étaient également envisagées pour la protection cathodique de la fondation gravitaire pour une durée de 25 ans. Si l'on extrapole ces valeurs à une durée de vie comparable à celle prévue pour le projet FloWatt (20 ans), il était prévu d'utiliser 24 tonnes d'anodes pour protéger l'hydrolienne OpenHydro contre 17,36 tonnes pour l'hydrolienne HydroQuest. Selon les calculs réalisés par l'Institut de la corrosion, 15,62 tonnes d'anodes seront

consommées après 20 ans soit 90 % de la masse totale des anodes mise en place. En appliquant le même pourcentage pour le projet OpenHydro, 21,6 tonnes d’anodes seraient consommées.

Le tableau ci-dessous présente les quantités d’anodes utilisées pour chaque projet :

Projet	Projet Normandie Hydro	Projet FloWatt	Ecart entre les 2 projets
Quantité d’anode mis en place sur une hydrolienne	24 t	17 t	-7 t
Quantité totale pour le parc et pour 20 ans	168 t	122 t	-46 t
Estimation de la masse d’anode consommée et relarguée dans l’environnement après 20 ans	151 t	109 t	-42 t

**TABLEAU 21 : COMPARATIF DES MASSES D’ANODES UTILISEES ET CONSOMMEES POUR LES HYDROLIENNES OPENHYDRO ET HYDROQUEST (INSTITUT DE LA CORROSION, 2021)**

#### 5.2.2.1.4 Conclusion

Étant donné que des masses d’anodes plus importantes semblent avoir été envisagées pour l’hydrolienne OpenHydro du projet Normandie Hydro, à conditions environnementales égales (marée, courant, etc.) la quantité de métaux relarguée (anodes) et concentrée dans l’environnement sera plus faible pour le projet FloWatt.

En ce qui concerne le niveau d’impact sur la qualité de l’eau liée aux anodes sacrificielles, celui-ci avait été estimé de négligeable pour le projet Normandie Hydro (cf. Tableau 22). **Pour le projet FloWatt, les impacts sur la qualité de l’eau seront légèrement inférieurs, mais restent du même niveau : négligeables.**



## 5.2.2.2 Les incidences du changement de technologie sur les impacts sur l'environnement sonore sous-marin

L'étude d'impact du projet Normandie Hydro n'intégrait pas des mesures in situ du bruit sous-marin ; les données relatives à l'environnement sonore se basaient sur des données bibliographiques. Dans le cadre du présent cas par cas une étude acoustique a été réalisée par la société Sinay (Sinay, 2021a). Cette étude est constituée de deux étapes principales :

- Etape 1 : Etat initial ;
- Etape 2 : Impact acoustique des hydroliennes en fonctionnement.

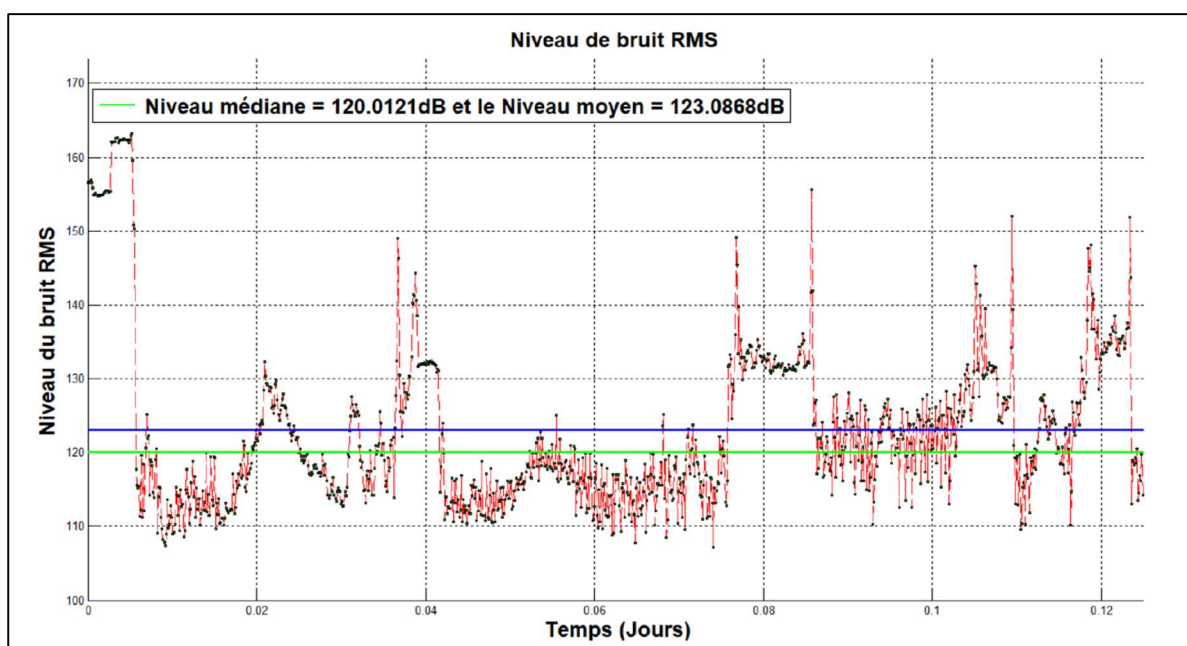
Une partie traite également des impacts sur les mammifères marins, cette partie est développée dans la section qui évalue les impacts sur le milieu biologique (voir 0). Les principales conclusions de cette étude sont présentées ci-après, l'étude figure en intégralité en annexe.

### 5.2.2.2.1 Le bruit ambiant de la zone d'étude

- **Les mesures effectuées sur la zone**

La campagne de mesure a été réalisée le 04/08/2021.

La figure suivante présente des échantillons de l'évolution des niveaux de bruit, du signal enregistré par l'appareil de mesure dans la zone d'étude pour la période d'enregistrement d'environ 8 h.



**FIGURE 32 : NIVEAU DE BRUIT RMS<sup>7</sup> ENREGISTRÉ DANS LA ZONE D'ETUDE LE 04/08/2021. LA LIGNE BLEUE PRESENTE LA MOYENNE DU NIVEAU DE BRUIT DURANT CETTE PERIODE ET LA LIGNE VERTE PRESENTE LA MEDIANE DU BRUIT DURANT CETTE PERIODE (SINAY, 2021A)**

Le niveau sonore mesuré pendant la période d'enregistrement montre un bruit permanent présentant une variabilité dépendant essentiellement des activités anthropiques en relation avec le trafic maritime, des passages des navires comme les cargos et les Ferries.

Les résultats de cette étape montrent que certaines périodes sont plus bruyantes que d'autres, ce qui est justifié par le fait que le passage des grands navires de commerce y contribue constamment.

<sup>7</sup> Le niveau RMS étant une "moyenne" sur un temps donné.

Le niveau de bruit moyen considéré sur cette zone est de 120 dB (la médiane).

- Modélisation du bruit ambiant

## Méthodologie

La modélisation du bruit sous-marin et de la propagation des ondes acoustiques en mer consiste à calculer les valeurs d'atténuation des ondes tout au long de leur propagation dans l'environnement. Pour ce faire les caractéristiques environnementales (bathymétrie, température, salinité, nature des fonds, précipitation...) et de trafic maritime (données AIS : Automatic Identification System<sup>8</sup>) de la zone d'étude sont intégrées aux modèles. La modélisation du bruit ambiant sur la zone d'étude est effectuée à l'échelle d'un an de trafic maritime, du 01/01/19 jusqu'à 31/12/19.

Afin d'avoir une vision de la distribution spatiale du bruit durant toute la période de l'étude, l'ensemble des cartes calculées ont été étudiées avec des méthodes statistiques. Pour cela, les cartes de bruit dans la zone d'étude sont établies et présentées par percentile. Le percentile N est le niveau de bruit dépassé pendant N % du temps de la période d'étude. Par conséquent, les niveaux exprimés en percentiles montrent pour chaque point de la zone d'étude combien de temps un niveau de bruit est dépassé au cours de la période d'étude.

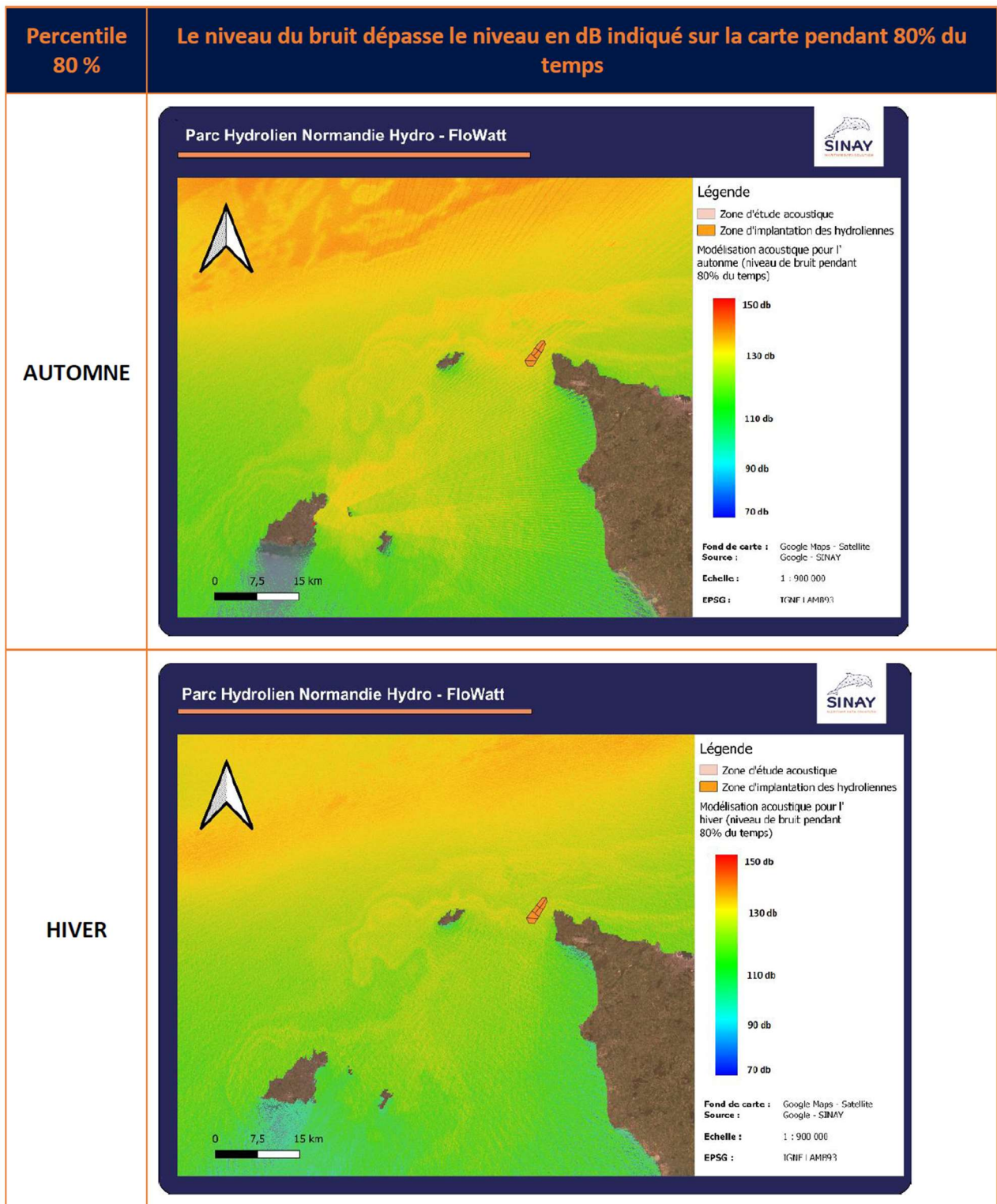
## Résultats

Les calculs statistiques réalisés sont basés sur les résultats des percentiles pour chaque saison de l'année 2019. Les résultats présentent :

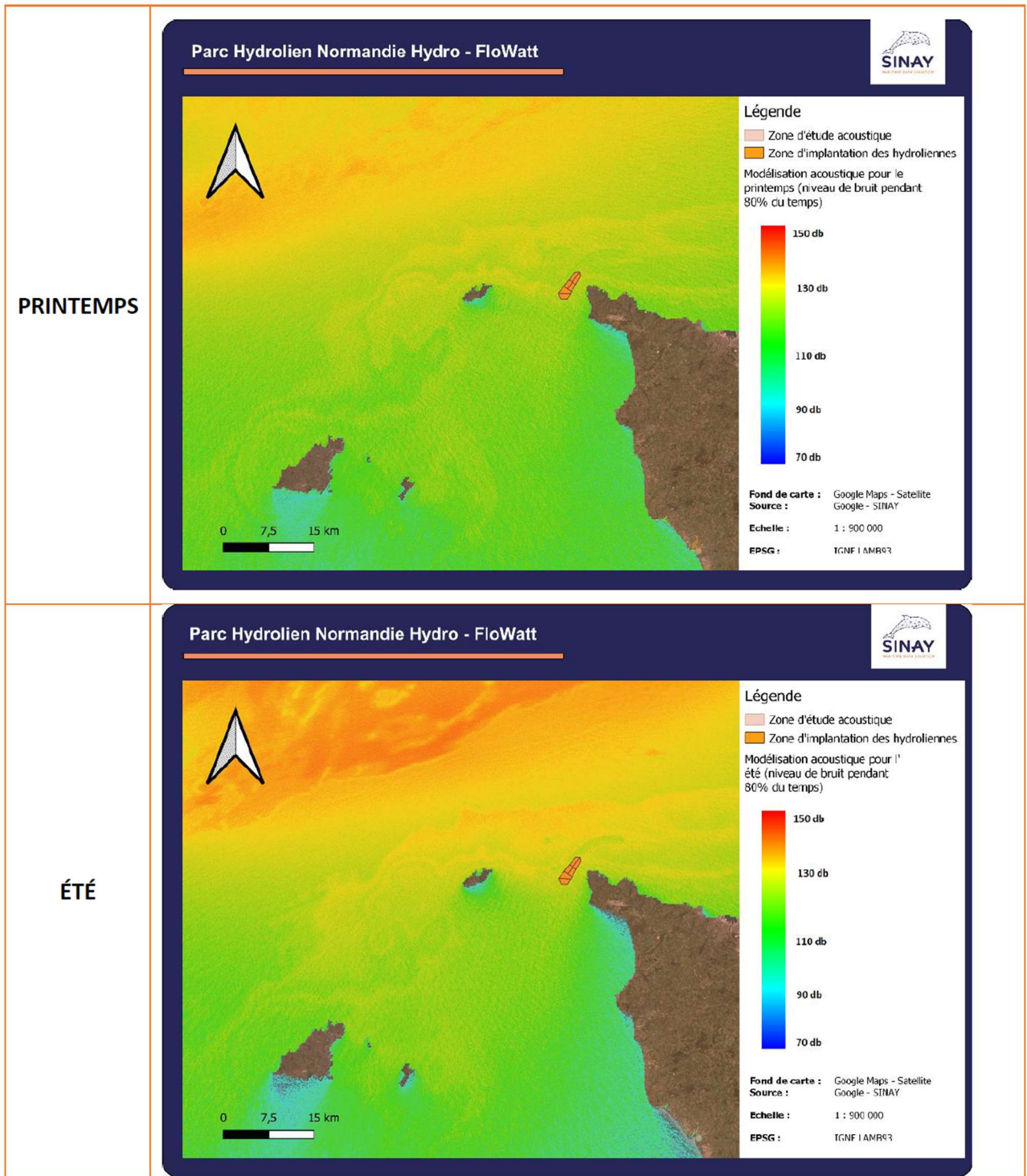
- Les percentiles 80 % (Figure 33 et Figure 34) ;
- Les percentiles 50 % (Figure 35 et Figure 36) ;
- Les percentiles 5 % (Figure 37 et Figure 38).

---

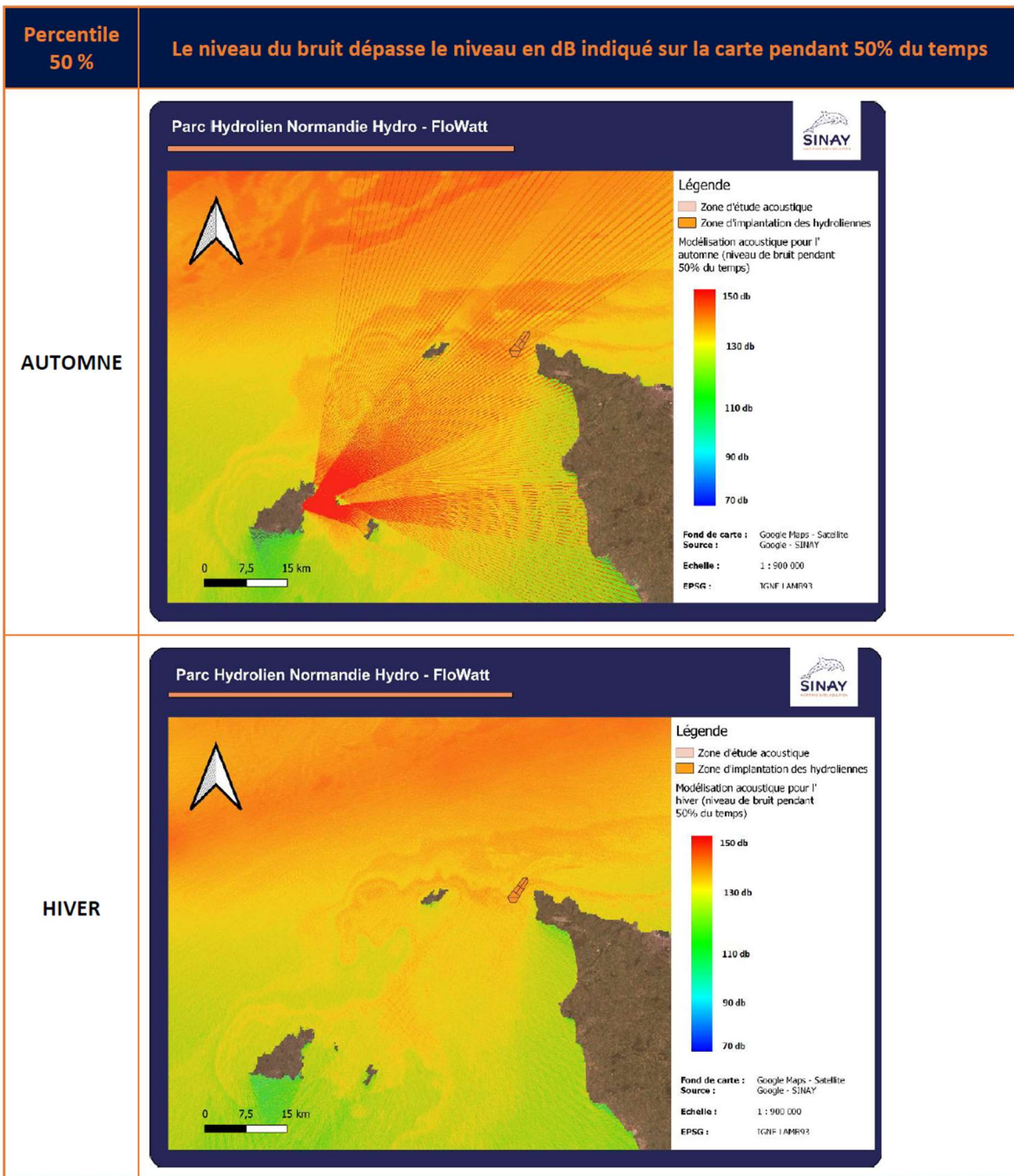
<sup>8</sup> L'AIS, autrement dit "Automatic Identification System" est un outil et une aide à la navigation, il permet de connaître la position des navires.



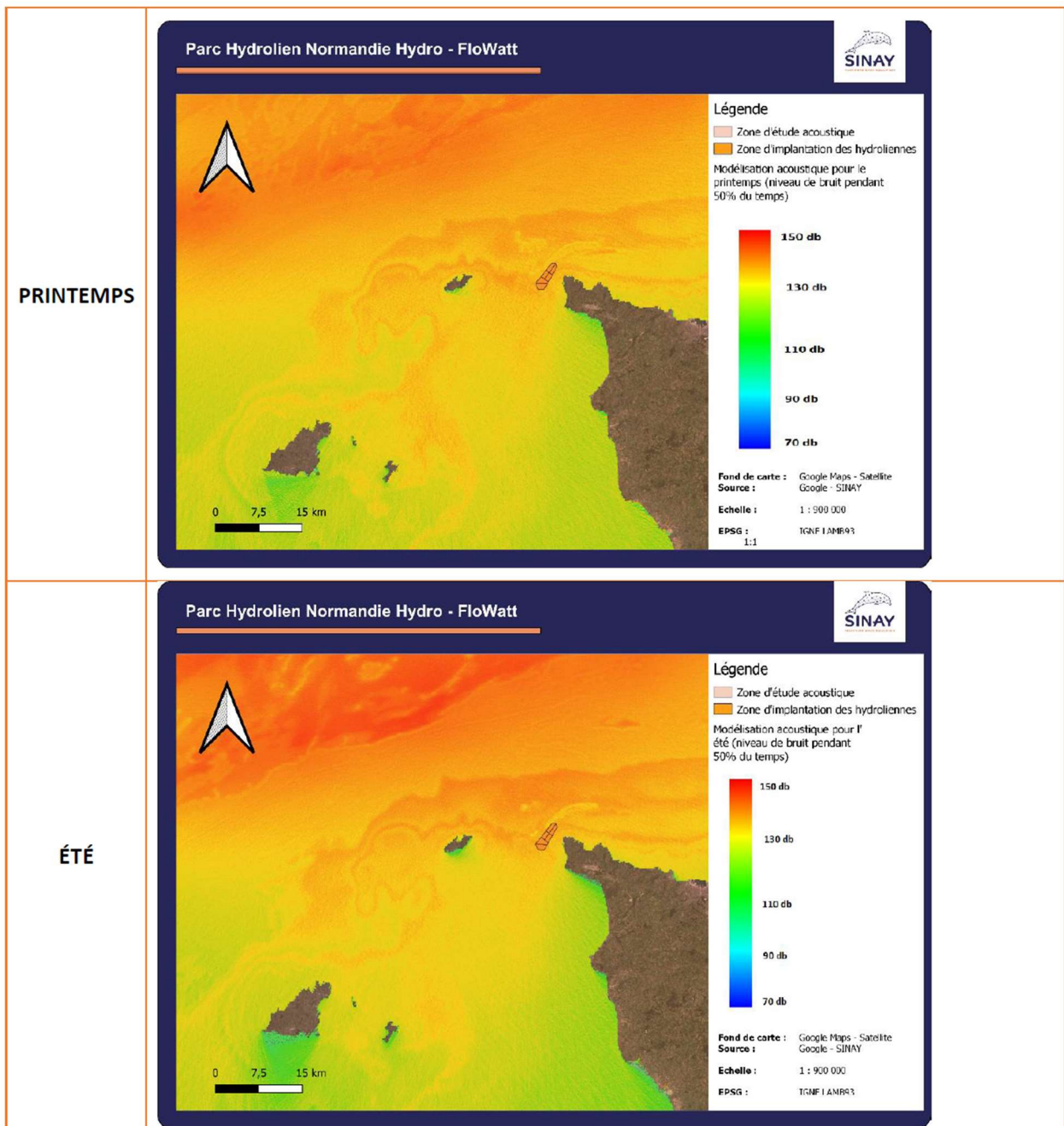
**FIGURE 33 : MODELISATION DU NIVEAU DE BRUIT DEPASSANT LE NIVEAU INDIQUE PENDANT 80% DU TEMPS POUR LES DIFFERENTES SAISONS (AUTOMNE, HIVER) (SINAY, 2021)**



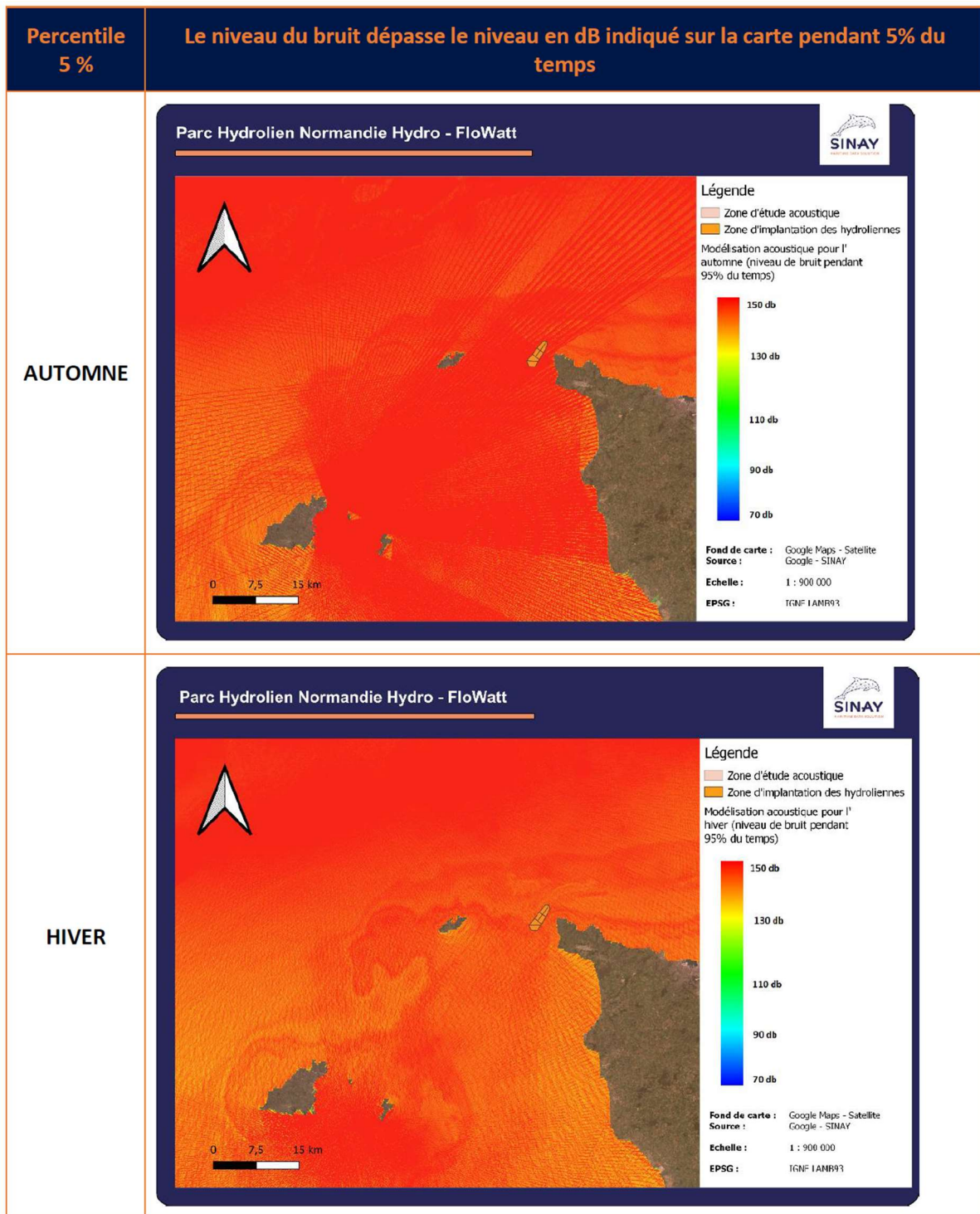
**FIGURE 34 : MODELISATION DU NIVEAU DE BRUIT DEPASSANT LE NIVEAU INDIQUE PENDANT 80% DU TEMPS POUR LES DIFFERENTES SAISONS (PRINTEMPS ET ETE) (SINAY, 2021)**



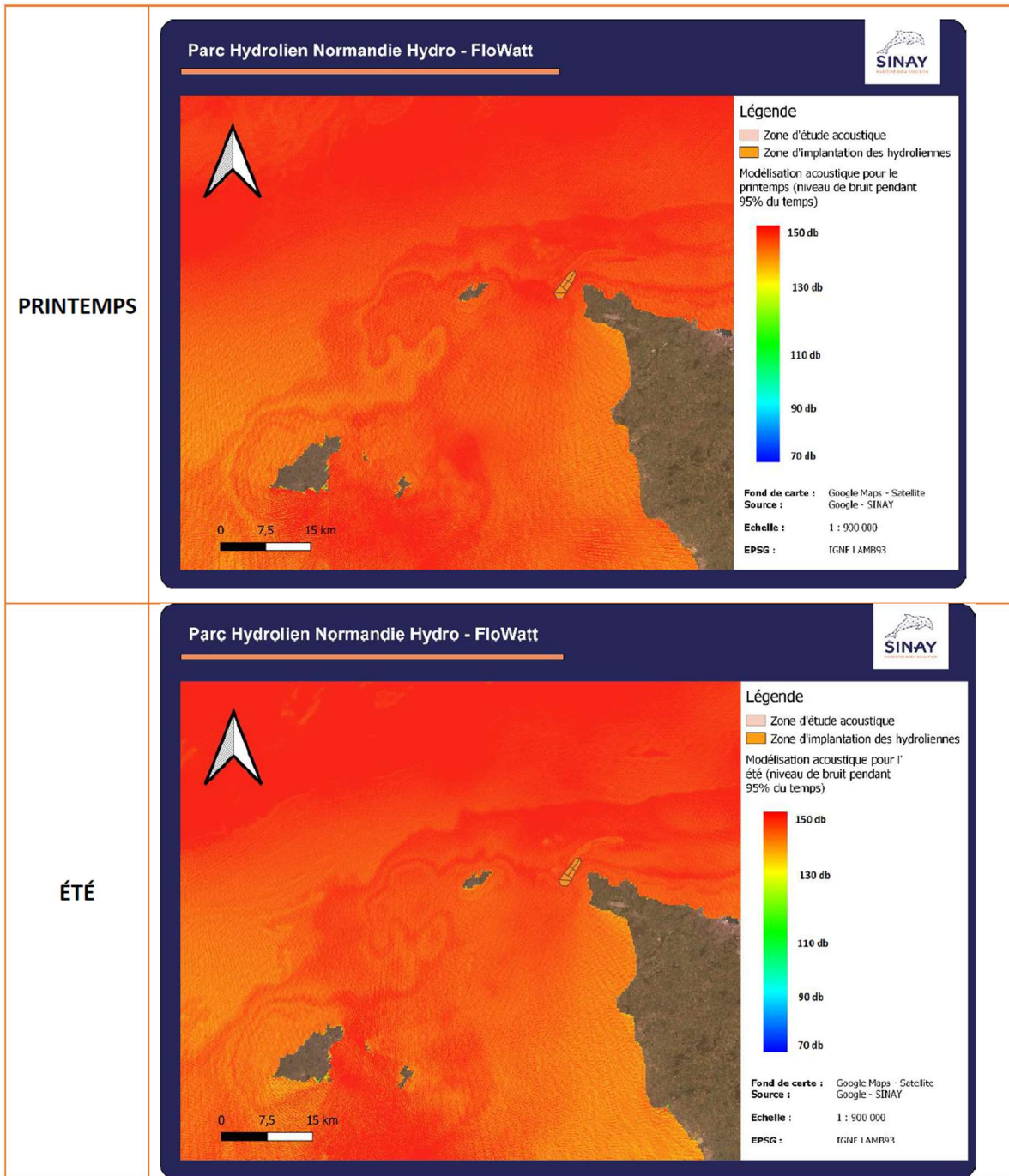
**FIGURE 35 : MODELISATION DU NIVEAU DE BRUIT DEPASSANT LE NIVEAU INDIQUE PENDANT 50% DU TEMPS POUR LES DIFFERENTES SAISONS (AUTOMNE, HIVER) (SINAY, 2021)**



**FIGURE 36 : MODELISATION DU NIVEAU DE BRUIT DEPASSANT LE NIVEAU INDIQUE PENDANT 50% DU TEMPS POUR LES DIFFERENTES SAISONS (PRINTEMPS ET ETE) (SINAY, 2021)**



**FIGURE 37 : MODELISATION DU NIVEAU DE BRUIT DEPASSANT LE NIVEAU INDIQUE PENDANT 5% DU TEMPS POUR LES DIFFERENTES SAISONS (AUTOMNE, HIVER) (SINAY, 2021)**



**FIGURE 38 : MODELISATION DU NIVEAU DE BRUIT DEPASSANT LE NIVEAU INDIQUE PENDANT 5% DU TEMPS POUR LES DIFFERENTES SAISONS (PRINTEMPS ET ETE) (SINAY, 2021)**



Les résultats montrent que, quelle que soit la période ou la saison, les résultats d'étude de bruit sont hétérogènes, ceci est dû au nombre de bateaux présents sur la zone, leur distribution aléatoire, et à la bathymétrie. Cependant il est possible de remarquer les effets de la variation de la bathymétrie sur la propagation des ondes acoustiques ainsi que les routes maritimes. L'intensité du bruit est proportionnelle à la profondeur.

De plus, une légère différence des niveaux de bruit entre les saisons est constatée, notamment sur les percentiles 50 % et 80 %. Ceci est dû à l'accroissement du trafic maritime tel que celui lié à la plaisance et passages de ferry. Les effets de thermocline (variation rapide de la température de surface) n'affectent pas les résultats en raison de la faible profondeur de la zone.

#### 5.2.2.2.2 Le bruit des hydroliennes en fonctionnement

L'étape 1 (analyse et modélisation du bruit ambiant) ayant été réalisée, la seconde étape a pu être mise en œuvre. Celle-ci consiste à cartographier l'empreinte acoustique des hydroliennes en fonctionnement. Pour ce faire, des données de bruit d'hydroliennes en fonctionnement ont été intégrées au modèle.

- **Les données de bruit d'hydroliennes en fonctionnement**

HydroQuest a installé dans le cadre du projet Oceanquest une hydrolienne à double axe vertical dans le parc démonstrateur de Paimpol-Bréhat. Une campagne de mesure de bruit de cette hydrolienne a été réalisée par la société GB engineering.

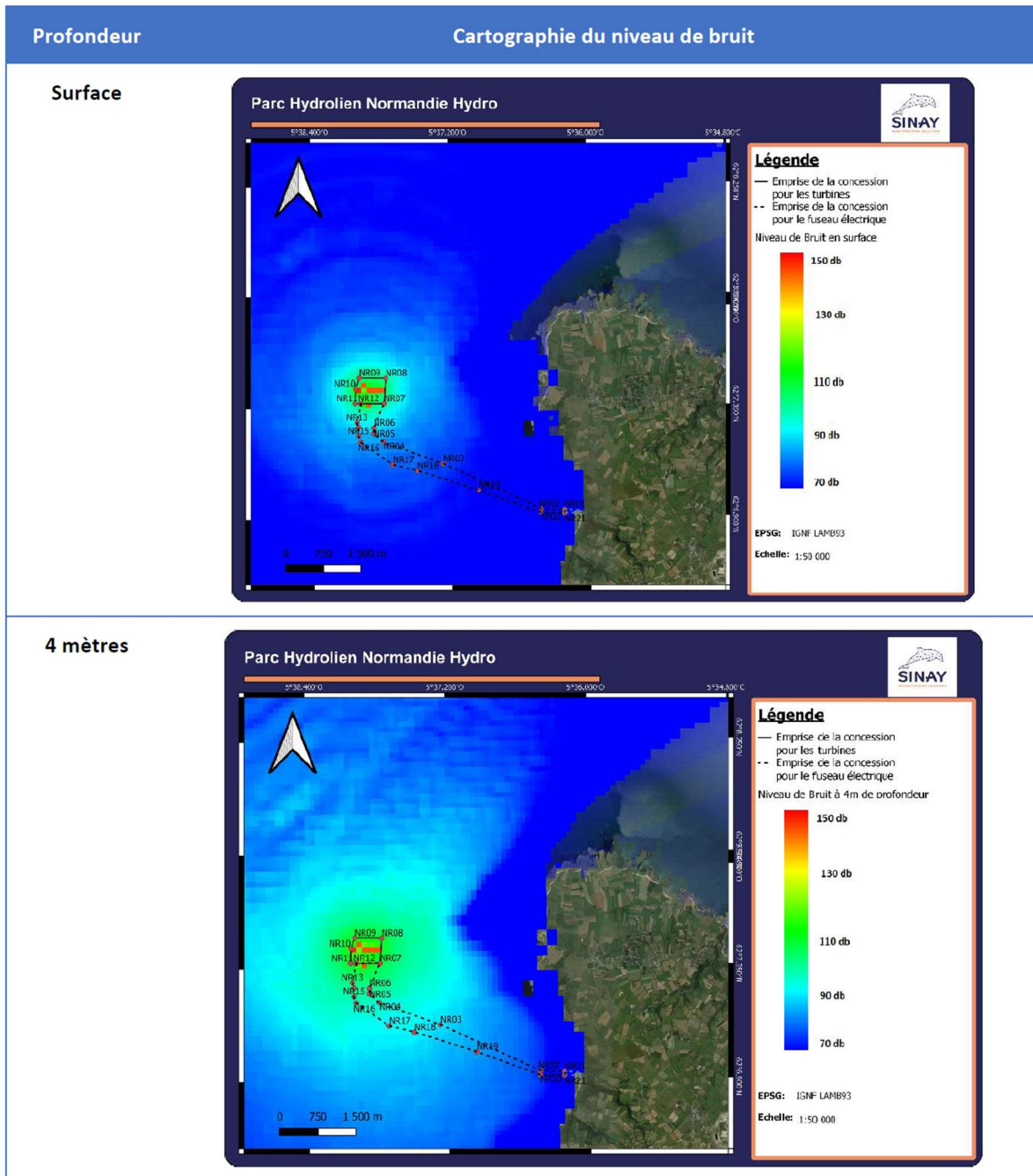
Les acquisitions ont été réalisées au jusant, le 25 janvier 2020, suivant 3 radiales situées à 100 et 500 mètres de part et d'autre de la position de l'hydrolienne et à marée montante suivant 2 radiales à 100 mètres de part et d'autre de l'hydrolienne, avec celle-ci stoppée et en service, soit 10 profils au total.

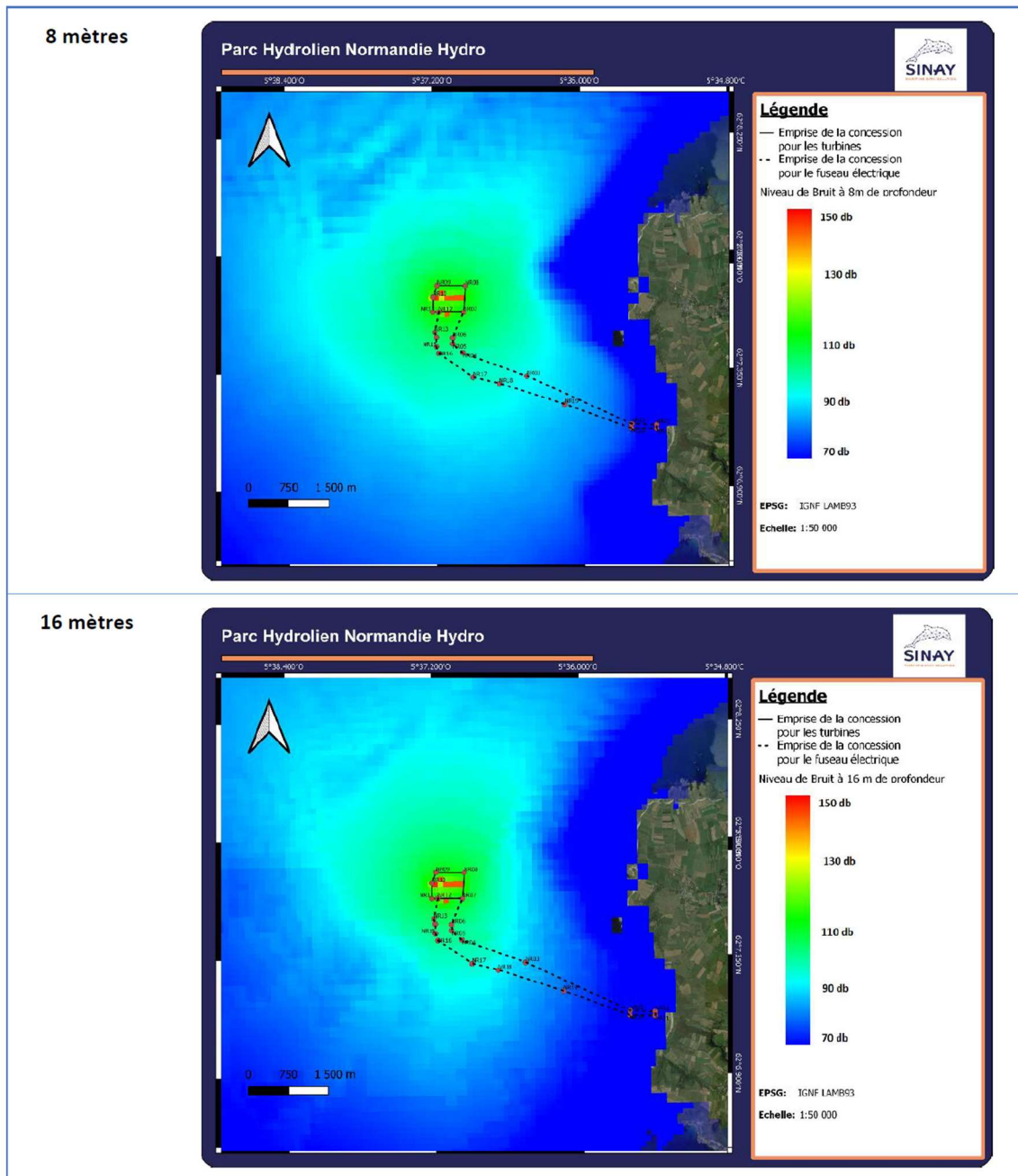
**Les résultats des mesures effectuées sont les suivants : Les amplitudes ramenées à 1 mètre sont les suivantes : 126 dB à 3 000 Hz, 120 dB à 6 000 Hz et 115 dB à 9 000 Hz (réf. : 1  $\mu$ Pa/VHz.m).**

- Le niveau de bruit intrinsèque des hydroliennes

Sur la base du modèle du bruit ambiant et des données de bruits mesurées des hydroliennes en fonctionnement (projet de Paimpol-Bréhat) qui ont été intégrées aux modèles, il a été possible de produire des cartes de bruits produits par les hydroliennes du projet FloWatt.

Les cartes suivantes présentent ainsi le niveau de bruit rayonné à différentes profondeurs par les 7 hydroliennes.





**FIGURE 39 : CARTOGRAPHIE DU BRUIT PRODUIT PAR LE PARC D'HYDROLIENNE EN FONCTION DE LA PROFONDEUR (SINAY, 2021)**

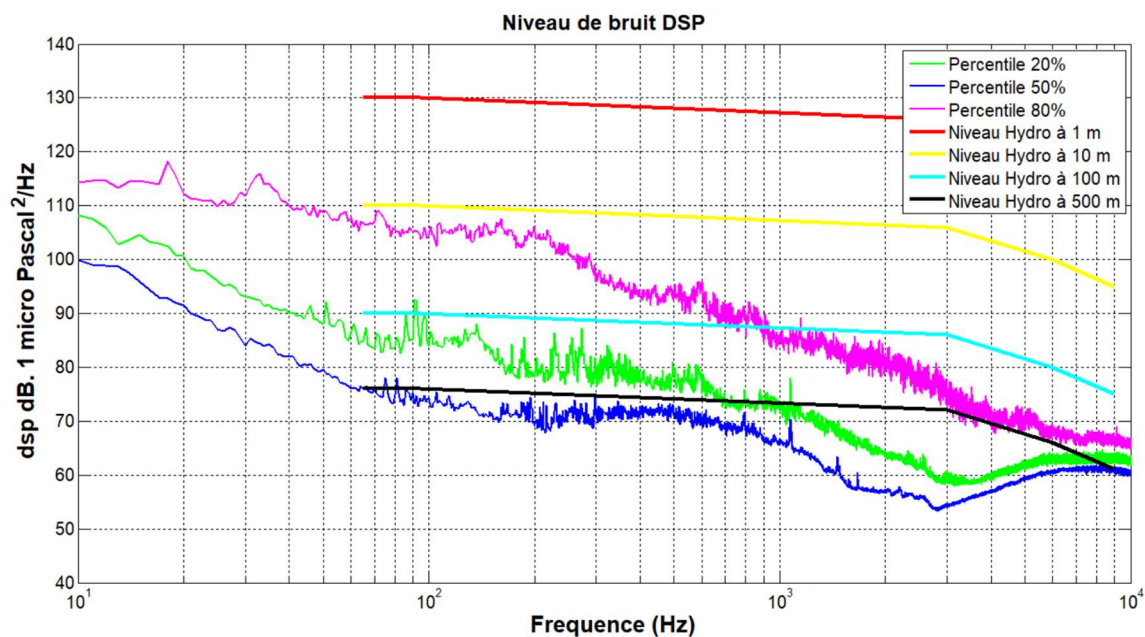
Les niveaux de bruits se répartissent de la manière suivante en partant de la source :

- Rayon d'environ 10 m autour de chaque source un niveau en orange correspondant à 130 dB ;
- Rayon d'environ 1 000 m autour du parc avec un niveau en jaune 110 dB ;
- Rayon d'environ 50 km vers le nord et 21 km vers le sud<sup>9</sup> autour du parc avec un niveau en bleu foncé avec un niveau de bruit à 85 dB.

<sup>9</sup> Remarque : c'est la basse bathymétrie qui limite la propagation vers le sud car elle absorbe l'énergie des ondes acoustiques avec les multiples réflexions (Sinay, 2021).

- L’empreinte acoustique des hydroliennes

La figure suivante présente la comparaison du niveau de bruit ambiant avec le bruit des hydroliennes à différents rayons.

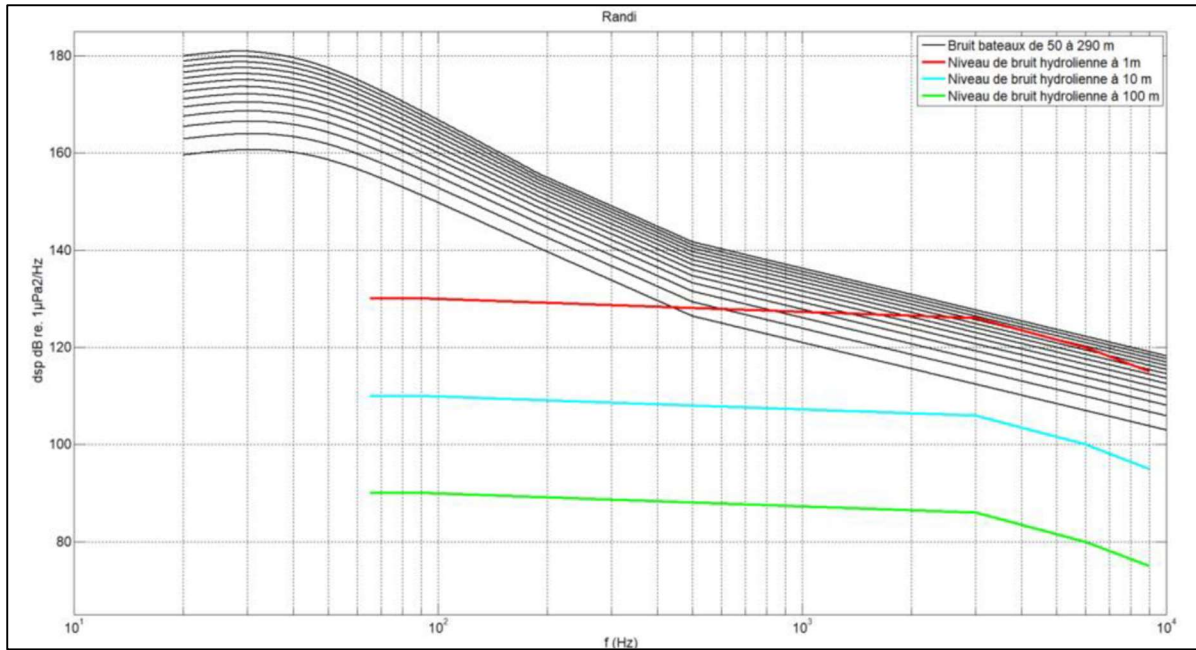


**FIGURE 40 : COMPARAISON DU NIVEAU DE BRUIT AMBIANT AVEC LE BRUIT DES HYDROLIENNES A DIFFERENTS RAYONS (SINAY, 2021)**

Selon l’échantillon du temps enregistré lors de la mesure de terrain (04/08/2021), le niveau de bruit ambiant a été comparé avec celui du parc hydrolien avec différents rayons (à 1, 10, 100 et 500m). On constate que le niveau de bruit rayonné par le parc à 500 m se situe entre le niveau de bruit pendant 50 % et 20 % du temps pour les basses fréquences et légèrement supérieurs pour mes moyennes fréquences, mais il reste inférieur au percentile 20 %.

Le niveau de bruit à 100 m se situe entre les niveaux de bruit ambiant pendant 50 % et 80 % du temps pour les basses fréquences et supérieur à ce niveau dans les moyennes fréquences.

Le niveau de bruit du parc hydrolien a également été comparé à celui des navires pouvant passer potentiellement à proximité de la zone d’étude rapprochée (échelle du Raz Blanchard) ou éloignée (échelle de la Manche).

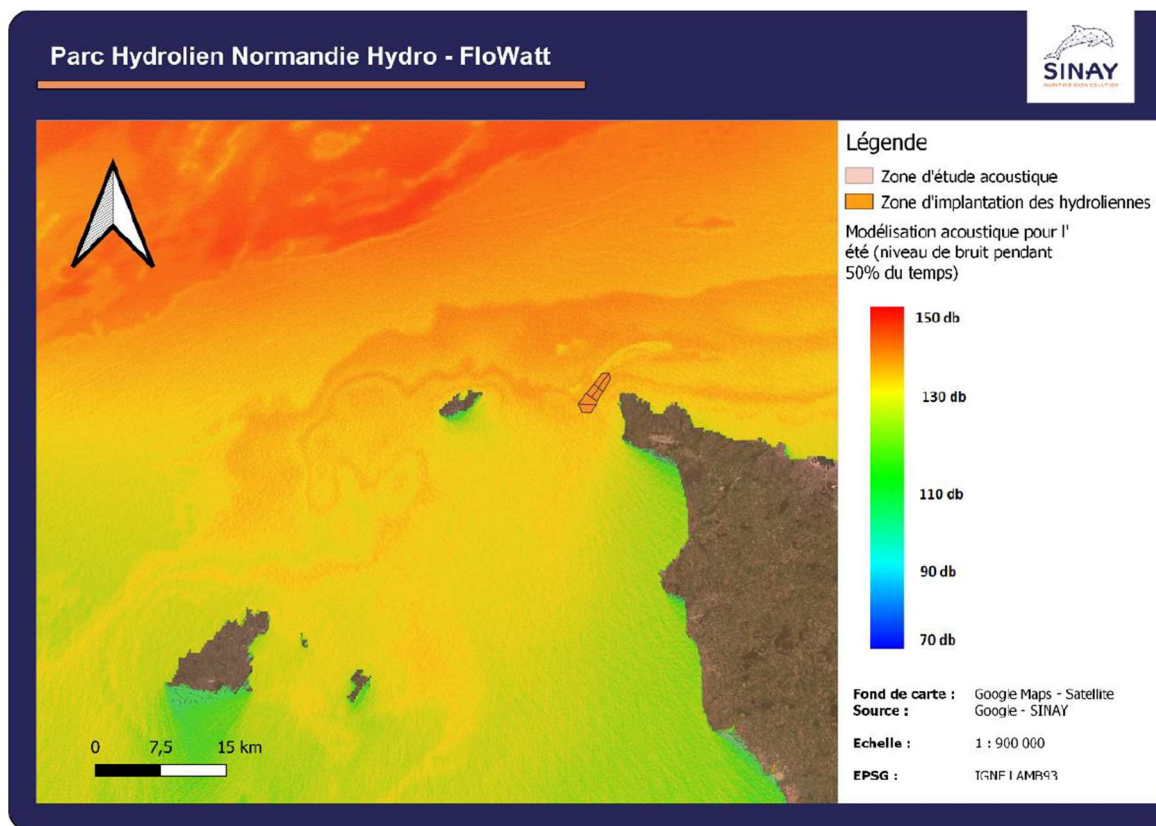


**FIGURE 41 : COMPARAISON DU NIVEAU DE BRUIT DES HYDROLIENNES A DIFFERENTS RAYONS AVEC DIFFERENTS TYPES DE NAVIRE ALLANT DE 50M A 290M (SINAY, 2021)**

Les résultats montrent que le niveau de bruit à la source (1m - rouge) est inférieur à un bateau de 50 m dans les basses fréquences et comparable avec un niveau de bruit d'un bateau de 200 m dans les moyennes fréquences entre 3 000 et 9 000 Hz. À 10 m (bleu) de la source est inférieur au bruit des bateaux sur la zone.

- Cartographique représentant les zones géographiques où le niveau de bruit des machines en fonctionnement est supérieur au bruit de fond « ambiant »

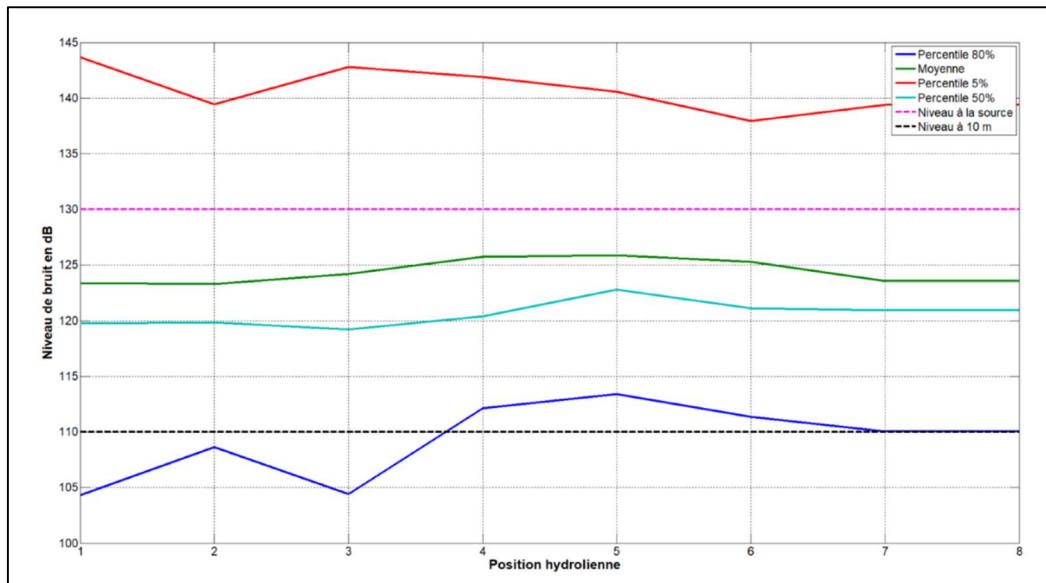
La carte ci-dessous pour mémoire, représente les niveaux de bruit sur la zone d'étude à 50 % de percentile pour la saison d'été.



**FIGURE 42 : CARTES DU BRUIT AMBIANT DURANT 50% DU TEMPS SUR LA ZONE D'ETUDE (SINAY, 2021)**

Le résultat de comparaison entre la carte de bruit ambiant (Figure 42 ci-dessus) et la carte de bruit généré par les hydroliennes (Figure 40 page 73) est illustré sur la figure suivante. L'empreinte acoustique du parc hydrolien est très faible, environ 50 m autour du parc est supérieur au niveau de bruit ambiant (P50 %) et ce niveau de bruit ne dépasse pas les 137 dB (l'équivalent d'un bateau de pêche).

Pour une meilleure compréhension, des effets acoustiques du parc, les niveaux de bruit aux différents percentiles sur les emplacements des futures hydroliennes (de 1 à 7) et le niveau de bruit maximal généré par ces appareils autour d'un rayon de 10 m sont présentés sur la figure ci-après.



**FIGURE 43 : NIVEAU DU BRUIT AMBIANT EN PERCENTILES A L'ETAT INITIAL AU NIVEAU DE CHAQUE POSITION D'HYDROLIENNE ET LE NIVEAU DE BRUIT DES HYDROLIENNES A 1 ET 10 METRES (SINAY, 2021)**

Les analyses de la Figure 43 confirment les résultats de la cartographie de l’empreinte acoustique. Le niveau de bruit des hydroliennes est légèrement supérieur au niveau de bruit ambiant pendant 50 % du temps ; il est l’équivalent du niveau de bruit au percentile 80 % seulement à 10 m de la source.

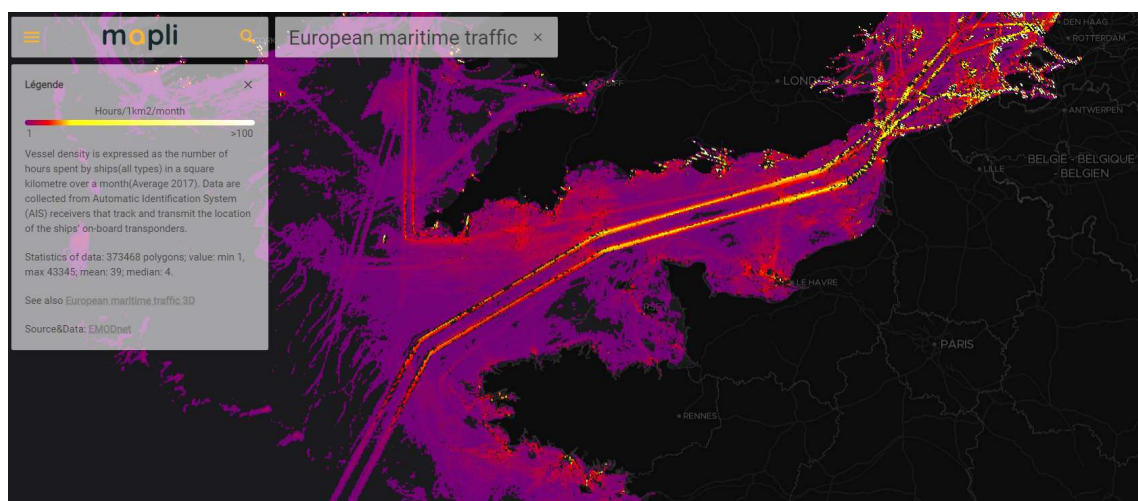
### 5.2.2.2.3 Conclusion

L’étude acoustique réalisée dans le cadre de ce projet a été effectuée à partir d’une modélisation du bruit ambiant sur la zone de projet à l’échelle d’un an de trafic maritime (du 01/01/19 jusqu’à 31/12/19).

Dans le cadre de cette étude, une mesure de terrain a été réalisée le 04/08/2021 afin d’obtenir une mesure de bruit au niveau de la zone de projet. Sur ces bases, le bruit ambiant de la zone d’étude a pu être établi. Il apparaît que, quelle que soit la période ou la saison, les résultats de bruit sont hétérogènes.

Le bruit de fond est principalement d’origine naturelle lié au frottement des fluides entre eux au niveau de l’interface « Air-Eau » mais également à la dynamique des masses liquides en mouvement sur la zone d’étude.

A ce bruit de fond d’origine naturelle, vient s’ajouter un bruit fond d’origine anthropique dû au nombre de bateaux présents sur la zone ; le trafic maritime est donc très contributeur aux bruits ambiants (cf. Tableau 22 ci-après).



**FIGURE 44: DENSITE DU TRAFIC MARITIME DANS LA MANCHE MER DU NORD EN 2017  
(SOURCE&DATA : EMODNET)**

Afin d'estimer l'impact acoustique des hydroliennes en fonctionnement, les données de mesures de bruit effectuées dans le parc démonstrateur de Paimpol-Bréhat ont été intégrées au modèle. **Les résultats montrent que l'empreinte acoustique du parc hydrolien est très faible. En effet, cette empreinte acoustique est « visible » à seulement 50 m de la source. Au-delà d'un rayon de 50 m l'empreinte acoustique se fond dans le bruit ambiant.**

L'étude d'impact produite dans le cadre du projet Normandie Hydro (EDF-EN, 2015) avait estimé les impacts sur l'environnement acoustique à partir de données bibliographiques et notamment celles issues des mesures de bruit effectuées sur l'hydrolienne OpenHydro en fonctionnement (au niveau du site d'essai de Paimpol-Bréhat).

L'étude d'impact EDF-EN (2015) précise page 116 :

*« La portée acoustique estimée de l'hydrolienne est de l'ordre de 500 m. Toutefois, certains bruits (cliquetis par exemple) sont encore perceptibles à l'oreille jusqu'à 1 000 m, bien que leur signal n'émerge pas du bruit ambiant. Les mesures du bruit ambiant effectuées sur le site de Paimpol-Bréhat sont comparables en absence et en présence de l'hydrolienne-test : elles ne font pas apparaître d'émergence sonore particulière de la machine en fonctionnement. Les niveaux sonores observés et dus à l'hydrolienne sont très faibles. Ils sont inférieurs à ceux qui auraient été relevés dans les mêmes conditions à proximité d'un navire, même de petite taille et évoluant à petite vitesse (EDF-EN, 2015) ».*

Au vu de ces éléments, le niveau d'impact sur l'environnement acoustique avait été estimé de niveau faible dans l'étude d'impact EDF-EN (2015).

Dans le cadre du présent examen au cas par cas, des études approfondies ont été mises en œuvre (mesure de terrains, modélisation...) afin d'estimer si le changement de machines pouvait générer un impact plus important sur l'environnement acoustique.

Il ressort de ces études (Sinay, 2021a) que l'empreinte acoustique des hydroliennes, installées dans le cadre du projet FloWatt, est très faible. En effet, cette empreinte acoustique est « visible » à seulement 50 m de la source. Au-delà d'un rayon de 50 m l'empreinte acoustique se fond dans le bruit ambiant.

**Les résultats de l'étude acoustique (Sinay, 2021a), menée dans le présent cas par cas, montrent donc que l'empreinte acoustique des hydroliennes est limitée et même plus faible que pour le projet EDF-EN ; le bruit ambiant de la zone couvre ainsi le bruit généré par les hydroliennes à une distance relativement faible (50 m). Le changement de technologie n'aura pas d'impact supplémentaire sur l'environnement**



acoustique de la zone de projet ; le niveau d'impact reste de niveau faible. Le projet FloWatt est considéré de moindre impact que le projet EDF-EN. Les mesures d'évitement prévu sur le projet Normandie Hydro sont conservées sur FloWatt.

### 5.2.2.3 Synthèse : différences des impacts sur le milieu physique en phase d'exploitation entre le projet Normandie Hydro et le projet FloWatt

Le tableau ci-dessous compare les impacts sur le milieu physique en phase d'exploitation, entre le projet Normandie Hydro et le projet FloWatt. Les principales différences sont indiquées en gras.

Thématique	Type d'effet	Niveau d'impact du projet Normandie Hydro	Niveau d'impact du projet Flowatt
Géologie	Pas de modification du substratum	Nul	Nul
Agents hydrodynamiques	Modification des courants et des houles : <b>Emprise verticale des hydroliennes HydroQuest (projet FloWatt) légèrement plus importante que l'emprise des hydroliennes OpenHydro Les modifications des courants et des houles resteront toutefois du même ordre de grandeur que celles générées par le projet PNHN.</b>	Faible	Faible
Morphologie des fonds	Modification de la dynamique sédimentaire liée aux modifications des conditions hydrodynamiques, en raison de la présence des hydroliennes.	Négligeable	Négligeable
Géomorphologie côtière	Modification du trait de côte suite à des modifications hydrosédimentaires du site	Nul	Nul
Qualité des eaux	Augmentation de la turbidité liée à la colonisation des embases des hydroliennes	Négligeable	Négligeable
	Accroissement de la matière organique lié à la colonisation des embases des hydroliennes		
	Transfert d'éléments constitutifs des anodes sacrificielles au milieu marin : <b>quantité d'anodes légèrement moins importante pour le projet FloWatt.</b>		
	Relargage d'éléments polluants liés à la présence de peinture antisalissures		
Qualité des sédiments	Contamination liée à la sédimentation de particules fines contaminées	Nul	Nul
Environnement sonore sous-marin	Augmentation du bruit lié aux hydroliennes en fonctionnement	Faible	Faible
	Augmentation du bruit lié aux activités d'exploitation et de maintenance : <b>la modélisation effectuée pour le projet FloWatt montre que les niveaux sonores émis seront du même ordre de grandeur entre les deux projets</b>		
Champ électromagnétique	Emission de champs électromagnétiques par les câbles électriques	Nul	Nul
Augmentation de température	Augmentation de la température de surface des câbles électriques	Négligeable	Négligeable

**TABLEAU 22 : ANALYSE COMPARATIVE DES IMPACTS SUR LE MILIEU PHYSIQUE EN PHASE D'EXPLOITATION ENTRE LE PROJET NORMANDIE HYDRO ET LE PROJET FLOWATT**

Les impacts relatifs aux deux projets sont détaillés ci-après :

La géologie : aucun des deux projets ne génère de modification du substratum. Tout comme pour le projet Normandie Hydro, les impacts du projet FloWatt sont considérés nuls.

Les agents hydrodynamiques : l'emprise verticale des hydroliennes HydroQuest (projet FloWatt) est légèrement plus importante que l'emprise des hydroliennes OpenHydro (projet Normandie Hydro) (525 m<sup>2</sup> contre 320 m<sup>2</sup> soit 165 m<sup>2</sup> de plus). Les modifications des courants et des houles resteront toutefois du même ordre de grandeur que celles générées par le projet Normandie Hydro. Les impacts restent négligeables.

La morphologie et la nature des fonds : de la même manière que pour le projet Normandie Hydro, les effets sur les courants étant faibles, les impacts sur la dynamique sédimentaire seront négligeables.

La géomorphologie côtière : le changement de modèle des hydroliennes n'aura pas d'incidence sur la cette thématique.

La qualité des eaux : les impacts sur la qualité des eaux seront vraisemblablement du même ordre de grandeur entre les deux projets ; une attention particulière a toutefois été portée à la présence des anodes sacrificielles. L'étude spécifique réalisée sur ce sujet a montré que les impacts relatifs au projet FloWatt seraient légèrement moindre que pour le projet Normandy hydro ; les niveaux d'impacts restent similaires.

La qualité des sédiments : le changement de modèle de machines n'a pas d'incidence sur la qualité des sédiments.

L'environnement sonore sous-marin : L'étude étude spécifique réalisée via de la modélisation a montré que le changement de technologie n'aura pas d'impact supplémentaire sur l'environnement acoustique de la zone de projet ;

Les champs électromagnétiques et la température : la différence de puissance des deux projets, soit 3 MW, permet de conserver la typologie des câbles prévus dans le projet concédé. Les impacts sur l'électromagnétisme et la température seront du même ordre de grandeur que ceux prévus initialement (à noter que l'occurrence de fonctionnement de la ferme d'hydroliennes à puissance nominale est inférieure à 5 % annuellement).

**Les fortes similitudes entre les deux projets laissent présager que les impacts sur de nombreuses composantes de l'environnement physique allaient être du même ordre de grandeur. L'analyse menée dans la présente section l'a confirmée.**

Deux sujets nécessitaient toutefois des études plus approfondies :

- Les impacts liés aux anodes sacrificielles ;
- Les impacts sur l'environnement acoustique.

**Les études complémentaires effectuées sur ces deux thématiques ont également montré qu'aucun impact plus important que ceux identifiés pour le projet Normandie Hydro n'était attendu. Les analyses comparatives tendent même à montrer que certains impacts pourraient être légèrement inférieurs (moins de quantité d'anodes nécessaires – le bruit des hydroliennes se fond rapidement dans le bruit ambiant du fait du trafic maritime).**

## 5.2.3 Les impacts sur le milieu biologique

### 5.2.3.1 Les incidences du changement de technologie sur les mammifères marins

Les principaux impacts potentiels sur les mammifères marins sont :

- Le risque de collision avec les hydroliennes ;
- La perturbation des mammifères marins par les nuisances sonores produites par les hydroliennes.

#### 5.2.3.1.1 Les impacts liés au risque de collision avec les hydroliennes en fonctionnement

Du fait de changement de technologie d'hydroliennes, le surrisque de collision des mammifères avec les hydroliennes en fonctionnement a été évalué dans le cadre du présent cas par cas. L'analyse du risque de collision a fait l'objet d'une analyse spécifique basée sur de la modélisation (Sinay, 2021b). Notons que dans le cadre de cette étude, le porteur de projet a également analysé le surrisque de collision lors de la phase d'installation des hydroliennes ; par commodité de lecture et de compréhension, les résultats de cette analyse sont présentés ci-après et non dans la partie traitant des impacts en phase d'installation.

- **Préambule**

Notons que l'étude d'impact EDF-EN (2015) avait évalué le risque de collision par dire d'expert et sur la base de retours d'expériences. Dans le cas présent, une étude plus approfondie, basée sur de la modélisation a été mise en œuvre.

L'étude d'impact EDF-EN (2015) évaluait le niveau de risque suivant :

Espèce	Sensibilité	Effet	Impact
Grand dauphin	Forte	Négligeable	Négligeable
Phoque gris	Moyenne	Faible	Faible
Marsouin commun	Moyenne	Négligeable	Négligeable
Phoque veau-marin	Faible	Faible	Faible

**TABLEAU 23 : IMPACTS SUR LES MAMMIFERES MARINS LIES AU RISQUE DE COLLISION AVEC LES HYDROLIENNES (EDF-EN, 2015)**

- **Définition de la notion de risque**

La notion de risque est liée à l'aléa considéré (collision) et à la sensibilité de la population de l'espèce étudiée. La formule permettant d'évaluer le risque est la suivante :

**Risque = Facteur d'exposition aux aléas (turbine - obstacle) \* enjeux (sensibilité - population)**

- **Probabilité de présence des cétacés en fonction des caractéristiques de l'habitat**

#### Source de données

Les données utilisées pour cette partie de l'étude viennent de OBIS<sup>10</sup> et d'EMODnet<sup>11</sup> entre 1999 et 2020.

<sup>10</sup> Ocean Biodiversity Information System

<sup>11</sup> European Marine Observation and Data Network

## Méthode de modélisation

La méthode de modélisation est basée sur le modèle GBM (Boosted Regression Trees) de la famille de Bernoulli. Les données d'entrées sont les suivantes :

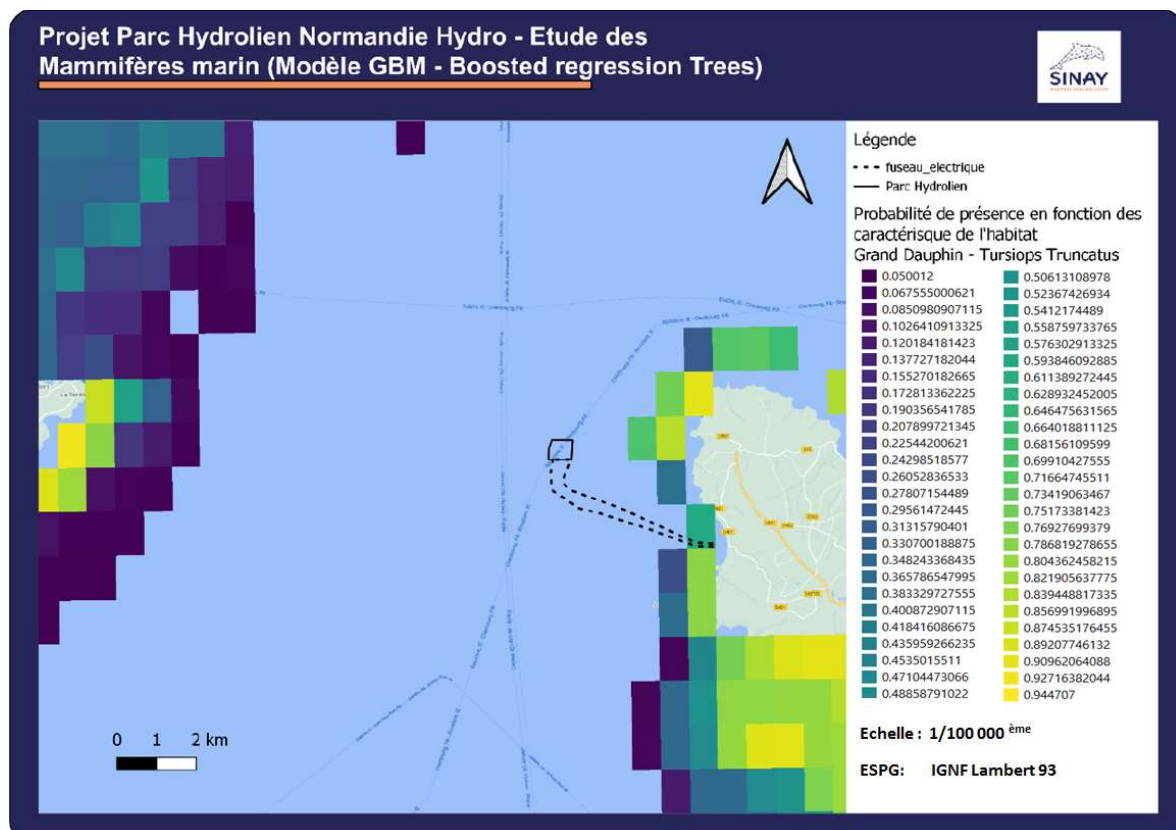
- La température de l'habitat marin (Source EMODnet 2019) ;
- La salinité (Source EMODnet 2019) ;
- La chlorophylle (Source EMODnet 2019) ;
- La bathymétrie (Source EMODnet 2019) ;
- La présence des mammifères marins sur OBIS de 1999 à 2020.

## Résultats cartographiques de la modélisation

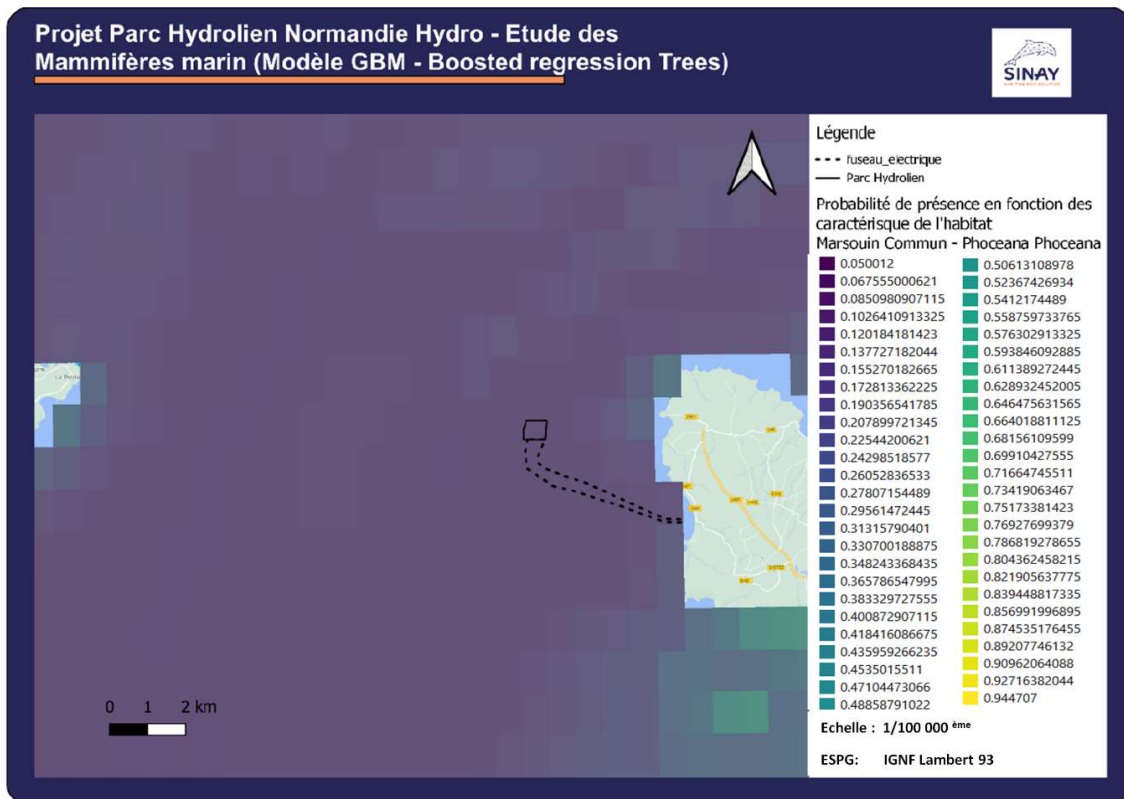
La modélisation s'est axée sur les espèces susceptibles d'être présentes sur la zone d'étude rapprochée :

- Grand dauphin (*Tursiops truncatus*) ;
- Marsouin commun (*Phocoena phocoena*) ;
- Phoque veau marin (*Phoca vitulina*) ;
- Phoque gris (*Halichoerus grypus*).

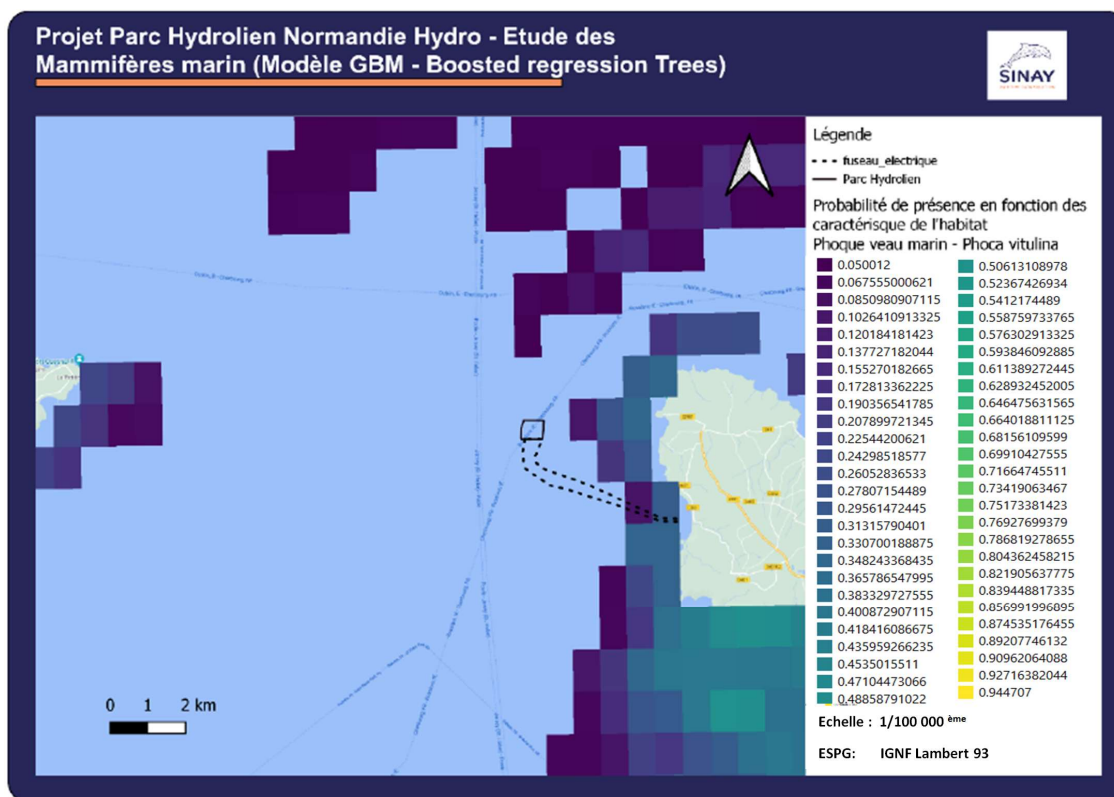
Pour les cartographies ci-après, les légendes détaillées représentent les probabilités de présence de l'espèce en fonction des caractéristiques de l'habitat.



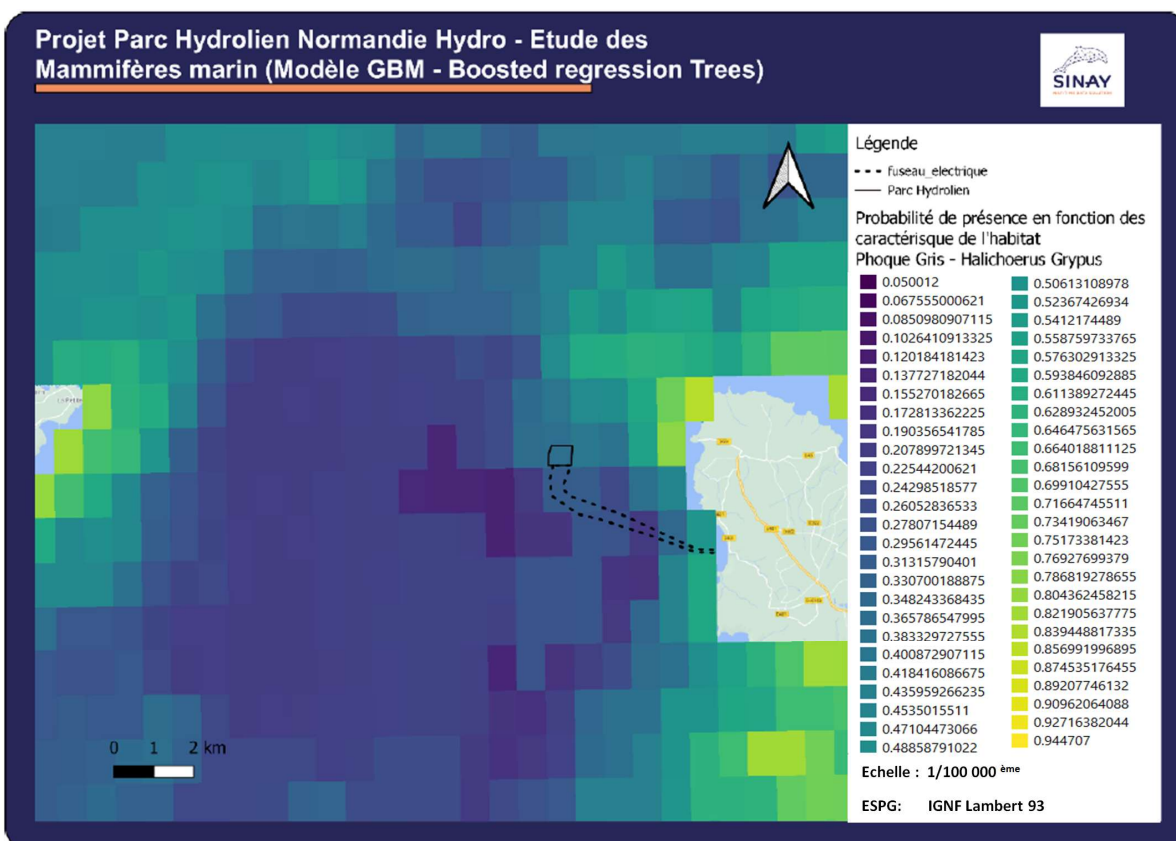
**FIGURE 45 CARTOGRAPHIE MONTRANT L’AFFINITE DU GRAND DAUPHIN POUR LES HABITATS MARINS SUR LA ZONE RAPPROCHEE DU FUTUR PARC HYDROLIEN (SINAY, 2021B)**



**FIGURE 46 : CARTOGRAPHIE MONTRANT L’AFFINITE DU MARSOUIN COMMUN POUR LES HABITATS MARINS SUR LA ZONE RAPPROCHEE DU FUTUR PARC HYDROLIEN (SINAY, 2021B)**



**FIGURE 47 : CARTOGRAPHIE MONTRANT L’AFFINITE DU PHOQUE VEAU MARIN POUR LES HABITATS MARINS SUR LA ZONE RAPPROCHEE DU FUTUR PARC HYDROLIEN (SINAY, 2021B)**



**FIGURE 48 : CARTOGRAPHIE MONTRANT L’AFFINITE DU PHOQUE GRIS POUR LES HABITATS MARINS SUR LA ZONE RAPPROCHEE DU FUTUR PARC HYDROLIEN (SINAY, 2021B)**

- **Analyse cartographique**

Chaque pixel possède un indice d’affinité de l’habitat par rapport à l’espèce : compris entre 0 et 1. Cet indice peut s’interpréter comme une probabilité de présence potentielle de l’espèce sur tel ou tel habitat de la zone d’étude. Plus l’indice tend vers 0 et moins il y a de chance de voir l’espèce sur la section étudiée. À l’inverse, plus l’indice tend vers 1 et plus il y a de chance de voir l’espèce présente sur la section étudiée. Lorsque l’on intersecte les couches liées à « ces probabilités de présence » avec les différentes parties de l’emprise du parc hydrolien, on obtient des valeurs en fonction des secteurs étudiés.

Le tableau ci-dessous présente les résultats obtenus des traitements cartographiques :

Espèce	Ordre	Indice de présence en fonction des caractéristiques de l’habitat (Modélisation - cartographie)	
		Ferme hydrolienne	Fuseau électrique (résultats sections Est-Ouest)
Grand dauphin ( <i>Tursiops truncatus</i> )	Cétacés	0	0,62
Marsouin commun ( <i>Phocoena phocoena</i> )	Cétacés	0,139	0,15 - 0,157
Phoque veau marin ( <i>Phoca vitulina</i> )	Pinnipèdes	0	0,098 - 0,328
Phoque gris ( <i>Halichoerus grypus</i> )	Pinnipèdes	0,38587	0,31-0,291-0,207-0,306-0,542

**TABLEAU 24 : INDICE DE PRESENCE EN FONCTION DES CARACTERISTIQUES DE L’HABITAT CALCULE A PARTIR DE DONNEES PRISES ENTRE 1999 ET 2020 OBIS<sup>12</sup> ET D’EMODNET (SINAY, 2021B)**

<sup>12</sup> Ocean Biodiversity Information System

Aucun mammifère des espèces étudiées ici n'a été observé sur la zone de concession pour le déploiement des 7 hydroliennes, excepté sur la partie Est du fuseau de câble électrique, la plus proche du bord de mer. Selon la bibliographie, ces 4 espèces de mammifères fréquentent potentiellement la concession de manière temporaire principalement comme un sas pour passer d'une zone alimentaire à une autre.

La modélisation montre une présence potentielle (= probabilité de présence) des deux espèces, marsouin commun & phoque gris, sur la zone où les hydroliennes seront installées. En ce qui concerne le fuseau électrique, les 4 espèces pourront être présentes potentiellement en particulier, le phoque gris (probabilité = 0,542) et le grand dauphin (0,62) (indice de présence supérieur à 0.5).

### 5.2.3.1.2 Évaluation du risque de collision

- **Risque de collision en phase de construction**

En phase d'installation, le risque majeur est celui lié à la collision avec les navires impliqués dans les travaux. Notarbartolo di Sciara et al. (2002) définit le terme de collision par la « mort ou dommage infligé à un cétacé au travers d'une collision avec la coque, la proue, les propulseurs, le gouvernail et toute autre partie du navire ». David (2002) ajoute au concept les accidents liés aux forces hydrodynamiques créées par une embarcation. De par ces forces, un animal dévié de sa trajectoire peut se blesser contre l'une des parties du bateau précédemment évoquées, ou sur le fond marin, si l'eau est peu profonde.

Il convient de rappeler que les collisions avec les navires sont l'une des causes de mortalité d'origine anthropique les plus importantes chez les grands cétacés comme les rorquals et les cachalots (Evans et al., 2011) alors que l'importance de cette menace pour les phoques et les petits odontocètes comme le marsouin et le grand dauphin est plus débattue. En effet, si des collisions avec les navires/bateaux sont reportées pour 61 espèces de mammifères marins (Schoeman et al, 2020), c'est la taille de la population qui permet généralement de distinguer si la menace pour l'espèce est importante ou pas. D'autres facteurs doivent également être considérés comme l'état de conservation d'une espèce, sa rareté, isolement, etc.

Les études scientifiques à disposition montrent que :

- Au travers de nécropsies et analyses cliniques post-mortem, les collisions entre bateaux (pas nécessairement des navires de transport maritime, mais aussi de bateaux de plus petite taille) peuvent se vérifier pour le phoque veau-marin, le phoque gris et le marsouin commun (Goldstein et al, 1999 ; Swails 2005 ; Carretta et al 2021, Barcenas de la Cruz et al 2017, Camphuysen and Siemensma 2011, Fenton et al 2017, Deaville et al., 2018). Selon l'étude de Schoeman et co-auteurs (2020) ces collisions se produisent avec une fréquence « perceptible localement » (noticeable locally, dans la version originale).
- En ce qui concerne le grand dauphin, plusieurs études abordent le sujet des collisions (par exemple : Lockyer and Morris 1990, Currey 2008, Wells et al 2008, Félix et al 2018) ; cependant, selon Schoeman et co-auteurs (2020), la fiabilité des informations sur le grand dauphin est moindre du fait de l'absence d'études s'appuyant sur des nécropsies. Ce fait peut être mis en relation avec une meilleure résilience des individus de cette espèce face aux blessures causées par une collision (avec une hélice par exemple).

**Une attention particulière doit être portée pendant cette phase où des accidents de collision peuvent se produire. Des techniques d'effarouchement de type répulsif peuvent être mises en place pour effrayer les cétacés de la zone de travaux. L'idée est de produire des sons gênant pour les cétacés pendant les phases critiques de travaux de manière à les faire s'éloigner du projet ce qui limite les risques.**

- **Risque de collision en phase de fonctionnement**

L'un des risques majeurs concerne les collisions avec les pales des hydroliennes, et dans une moindre mesure l'enchevêtrement dans les câbles de mouillage (Carter, 2007). Le risque est d'autant plus grand que les hydroliennes sont souvent implantées dans des zones étroites et agitées, largement soumises aux marées, constituant potentiellement une zone d'alimentation pour les mammifères marins (Inger et al., 2009 ; Brown et Simmonds, 2010). La zone d'étude correspond bien à une zone de forte marée et une zone temporaire de passage pour les cétacés pour venir se nourrir ou aller d'une zone d'habitat privilégié à une autre. Le système proposé dans le cadre du projet ne présente pas de câble d'amarrage ou de mouillage ce qui limite les risques de collision.

De plus, Il est probable que dans la plupart des zones, les hydroliennes soient détectées acoustiquement par les mammifères marins avant de l'être visuellement (Wilson et al., 2007). Les distances de détection et de réaction d'évitement des machines sont fonction des conditions environnementales (turbidité, visibilité, bruit ambiant...). Si les niveaux de bruit ambiant sont élevés, et excèdent les capacités des mammifères marins à distinguer le bruit des hydroliennes en fonctionnement du reste du bruit ambiant, il est possible que ces derniers ne puissent détecter les machines, et ne puissent donc éviter la collision (Carter, 2007). Divers paramètres comme la taille de l'animal, son comportement, son activité, son âge, la présence de congénères... vont intervenir dans la réaction vis-à-vis de l'obstacle (Wilson et al., 2007).

Dans notre cas, l'étude relative au bruit généré par les hydroliennes (Achraf et Leroy., 2021. Modélisation des effets acoustiques des hydroliennes du projet Normandie Hydro – Sinay, 2021a) a montré que le bruit serait perceptible dans un rayon de 500 m autour des turbines sans bruit ambiant. Seulement, sur cette zone géographique le bruit généré par le trafic maritime est très élevé et couvre en partie les bruits émis par les turbines. Il faut donc considérer l'empreinte sonore des turbines qui est alors perceptible dans un rayon de 50 m de distance autour d'une turbine par les marsouins avec une probabilité forte de 0.5. De plus, les marsouins possèdent des mécanismes de détection des objets dans l'espace par acoustique active, l'animal émet un clic qui fait écho sur l'objet, ce qui permet la détection à distance des obstacles et de réduire le risque de collision.

En ce qui concerne l'efficacité de l'écholocation, les études disponibles indiquent que le rayon maximum de détectabilité d'un clic par un hydrophone est d'environ 500 m (Nuutila et al., 2018). Ce chiffre peut être considéré comme cohérent avec celui annoncé par un constructeur d'hydrophones concernant la détectabilité maximale des clics de marsouin (400 m)<sup>13</sup>. La détectabilité varie en effet grandement en fonction du bruit ambiant, des positions respectives émetteur/récepteur, du niveau d'intensité du clic. Des études récentes indiquent qu'en moyenne la détectabilité se situe autour de 185-190 m (Nuutila et al., 2018). Ces valeurs peuvent être pertinemment considérées comme les distances auxquelles les marsouins sont capables de détecter les objets autour d'eux.

De plus, une étude récente au Canada (William David Halliday, Wildlife Conservation Society Canada, CANADA, 2020) montre que les marsouins communs évitent les turbines d'hydrolienne en fonctionnement (vitesse du courant 3 m/s).

<sup>13</sup> Source : [https://www.chelonia.co.uk/cpod\\_specifications.htm](https://www.chelonia.co.uk/cpod_specifications.htm)



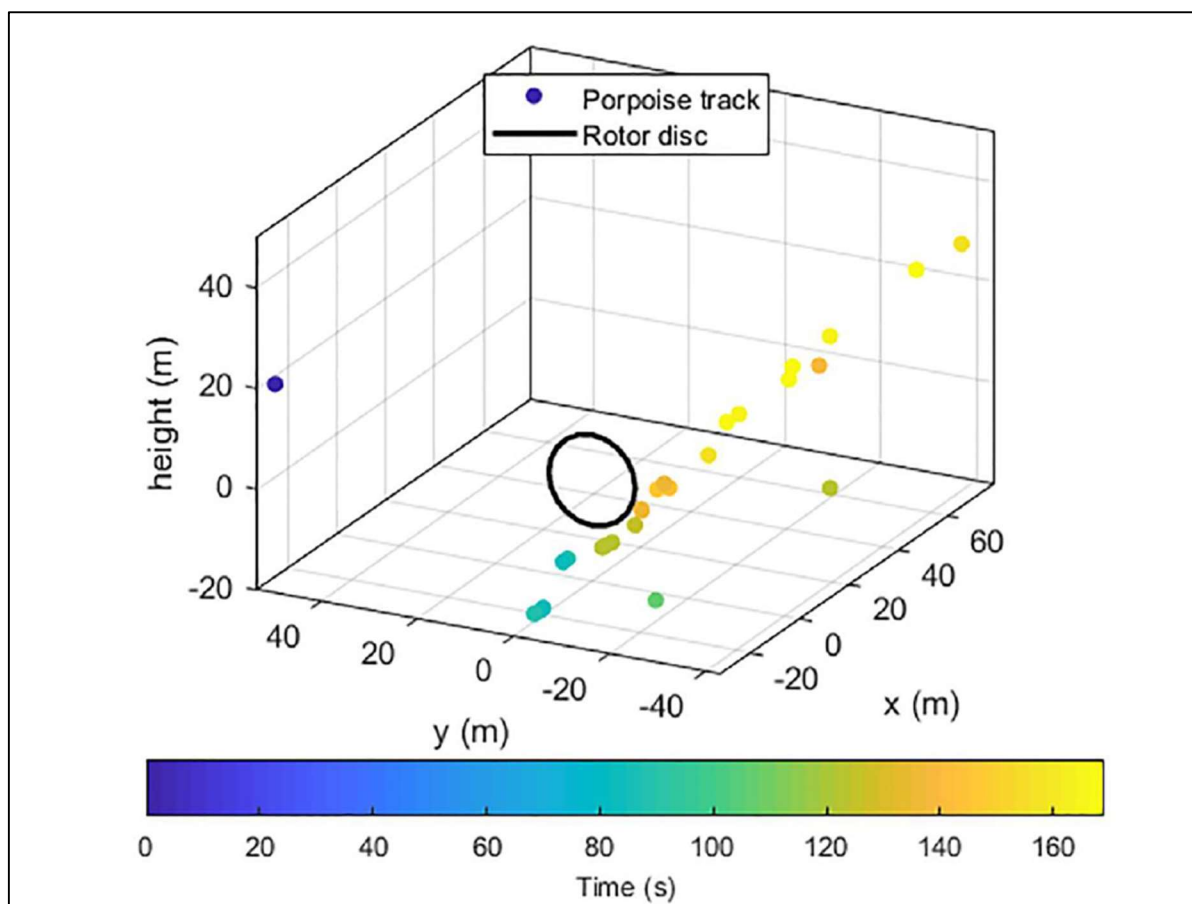



FIGURE 49 : EXEMPLE DE DETECTION DE MARSOUIN PASSANT SOUS LE DISQUE BALAYE PAR LES ROTORS DE LA TURBINE LORS D'UNE RENCONTRE DE 160 SECONDES (SINAY, 2021 B)

- **Comparaison entre les deux projets**

Comme le montre le tableau ci-dessous, les hydroliennes de la technologie HydroQuest ont une emprise verticale plus importante que la technologie OpenHydro :

Éléments	Technologie OpenHydro	Technologie HydroQuest	Ecart entre les 2 projets
Vue d'ensemble			
Turbine	Rotor horizontal	Rotor Vertical	
Vitesse de rotation t/mn (Excédée 10% du temps)	12 t/mn	12 t/mn	=
Maintenance	Tous les 5 ans	Sortie de l'eau tous les 5 à 7 ans	Fréquence de maintenance

Éléments	Technologie OpenHydro	Technologie HydroQuest	Ecart entre les 2 projets
	(Source Dossier DPM EDF-EN)	(Moyens nautiques plus légers que pour le déploiement puisque seule la turbine est relevée)	<b>plus faible</b>
<b>Emprise verticale (face au courant)</b>			
Hauteur	20 m	21m	<b>+1 m</b>
Largeur	16 m	25 m	<b>+9 m</b>
Surface	320 m <sup>2</sup>	525 m <sup>2</sup>	<b>+165 m<sup>2</sup></b>

FIGURE 50 : CARACTERISTIQUES DES HYDROLIENNES OPENHYDRO ET HYDROQUEST

Projet	Nombre d'hydroliennes	Surface emprise verticale (m <sup>2</sup> )	Surface de la colonne d'eau de la zone d'étude rapprochée (m <sup>2</sup> )	Indice d'occupation de l'habitat (IOH)
FloWatt	7	3 675	1 440 000	0.0025
EDF-EN	7	2 240	1 440 000	0.0015

TABLEAU 25 : TABLEAU DU CALCUL DU COEFFICIENT DE PROPORTIONNALITE ENTRE LA SURFACE D'EMPRISE DES HYDROLIENNES ET L'AIRES D'ETUDE CALCULE A PARTIR DE DONNEES PRISES ENTRE 1999 ET 2020 OBIS<sup>14</sup> ET D'EMODNET (SINAY, 2021B)

## Méthode d'analyse

La notion de risque est liée à l'aléa considéré (l'hydrolienne) et à la sensibilité de la population de l'espèce étudiée. La formule permettant d'évaluer le risque est la suivante : Risque (IR) = Facteur d'exposition (FE) aux aléas (turbine - obstacle) \* enjeux (sensibilité - population) (S)

Le facteur d'exposition aux aléas est lié à la présence (emprise dans l'espace) des turbines dans la zone d'étude, mais également à la présence potentielle des mammifères sur la même zone, soit le calcul de facteur d'exposition (FE) :

FE = Indice d'occupation de l'habitat par le parc (IOH)\*Indice d'exposition des espèces de mammifères marins (IEM)

Soit : IR = IOF\*IEM\*S

L'indice calculé auparavant (cf. Tableau 24 page 83) permet d'obtenir un facteur d'exposition par espèce (FE)

L'indice IOF a été calculé à partir de l'emprise unitaire des hydroliennes et de la surface de l'habitat dans notre zone d'étude. Il s'agit du coefficient de proportionnalité entre la surface d'emprise des 7 hydroliennes et de la surface de la colonne d'eau verticale de la zone d'étude rapprochée sur la base des dimensions relevées à partir de la bathymétrie moyenne et de la distance entre le cap de la

<sup>14</sup> Ocean Biodiversity Information System

Hague et l'île d'Aurigny. Le calcul est basé sur l'hypothèse que les collisions peuvent potentiellement arriver avec des individus qui vont du nord vers le sud et du sud vers le nord.

L'indice de risque par projet est donc une probabilité qui a été calculée selon l'algorithme défini ci-avant :

Espèce	(S)	(IEM)	IOF EDF-EN	IOF FLOWATT	Risque EDF-EN	Risque FLOWATT
Grand dauphin ( <i>Tursiops truncatus</i> )	1,6	0,166	0,001	0,002	0,0004	0,0007
Marsouin commun ( <i>Phocoena phocoena</i> )	2,1	0,213	0,001	0,002	0,0007	0,001
Phoque veau marin ( <i>Phoca vitulina</i> )	1,3	0,166	0,001	0,002	0,0003	0,0005
Phoque gris ( <i>Halichoerus grypus</i> )	1,5	0,295	0,001	0,002	0,0006	0,0011

TABLEAU 26 : TABLEAU D'ANALYSE DE RISQUE (COMPARAISON ENTRE LES 2 PROJETS) (SINAY, 2021B)

- **Interprétation des résultats**

Les indices obtenus sont faibles et reposent sur des valeurs comprises entre 1E-03 et 3E-04 avec des valeurs plus faibles pour le projet Normandie Hydro. En effet, l'emprise spatiale verticale en tant qu'obstacle potentiel est plus réduite pour le projet Normandie Hydro, 320 m<sup>2</sup> et 525 m<sup>2</sup> pour le projet FloWatt. Si nous prenons le cas du Marsouin commun sur une journée, statistiquement le taux de collision pour les 2 projets est respectivement 0,00071 (Normandie Hydro) et 0,00117 (FloWatt).

	Projet EDF	Projet Hydroquest
Taux de collision sur 1 an	0,26	0,42
Taux de collision sur 2 ans	0,5	0,84
Taux de collision sur 3 ans	0,8	1,2
Taux de collision sur 20 ans	5	8

TABLEAU 27 : TABLEAU D'ANALYSE DU TAUX DE RETOUR DE COLLISION POTENTIELLE POUR LE MARSOUIN COMMUN (COMPARAISON ENTRE LES 2 PROJETS) (SINAY, 2021B)

La probabilité de collision pour le marsouin est d'environ une collision tous les 3 ans pour les deux projets (0,8 pour le projet Normandie Hydro) avec une probabilité légèrement plus importante pour le projet FloWatt (1,2).

- **Synthèse**

Le risque de collision est presque similaire entre les 2 projets et considéré comme moyen à faible à l'échelle du cycle de vie du projet. Il est légèrement supérieur pour le projet FloWatt dans la mesure où la surface verticale des hydroliennes est supérieure, +165 m<sup>2</sup>.

Selon cette approche basée sur la modélisation qui ne **tient pas compte des capacités de détection par écholocation des mammifères marins** à identifier les obstacles lorsque ces derniers sont en mouvement pour rechercher de la nourriture par exemple.

Selon les résultats de notre étude, le risque de collision pour les mammifères marins à l'échelle de vie du projet (20 ans) est faible avec des taux de retour tous les 3 ans pour le marsouin commun. Les taux de retour vont également être très faibles pour les autres espèces dans les mêmes ordres de grandeur.

**Remarque :** cette analyse ne tient pas compte du fait que les cétacés **ont des systèmes d'écholocation permettant de réduire les collisions avec les obstacles**. Les retours d'expérience montrent effectivement que le marsouin commun possède des systèmes de détection perfectionnés permettant l'évitement d'une turbine sur un site expérimental. Compte-tenu de la bibliographie complétant la modélisation, **en réalité le risque est donc négligeable pour le marsouin commun ainsi que pour les autres espèces qui ont des indices de risque inférieurs ou égal à celui du marsouin commun**.

L'étude bibliographique ci-avant produite par SINAY combinée à une modélisation permettant l'approche de la notion de risque ne montre pas un sur-risque important du projet FloWatt malgré l'emprise verticale plus importante du projet FloWatt, les mammifères possédant des systèmes de détection des obstacles lorsqu'ils sont en mouvement dans le milieu naturel.

Il en résulte que les impacts potentiels sont identiques à savoir « faibles » pour les espèces de mammifères marins décrites ci-avant. Les mesures d'évitement prévues pour le projet EDF-EN sont conservées pour le projet FloWatt.

### 5.2.3.1.3 Les impacts liés au bruit des machines en fonctionnement

- **Préambule**

Dans l'étude du projet Normandie Hydro (EDF, 2015), les impacts liés aux bruits sur les mammifères marins avaient uniquement été analysés via des données bibliographiques. Dans le cadre du présent cas par cas, les impacts sur les mammifères marins ont été analysés via la modélisation acoustique (Sinay, 2021a). Les principaux résultats de cette étude sont présentés ci-après ; l'étude figure en intégralité en annexe.

Pour rappel, l'étude d'impact EDF-EN (2015) qualifiait les impacts liés au bruit des machines en fonctionnement de négligeable à faible selon les espèces.

- **Résultats**

Les cartes ci-après présentent les impacts liés aux bruits sur les mammifères marins. Notons que nous supposons dans le cadre de cette analyse que les mammifères marins restent immobiles durant les 24 h et reçoivent les effets cumulatifs de l'énergie acoustique dans ce rayon. Ces cartes montrent donc le pire scénario possible.

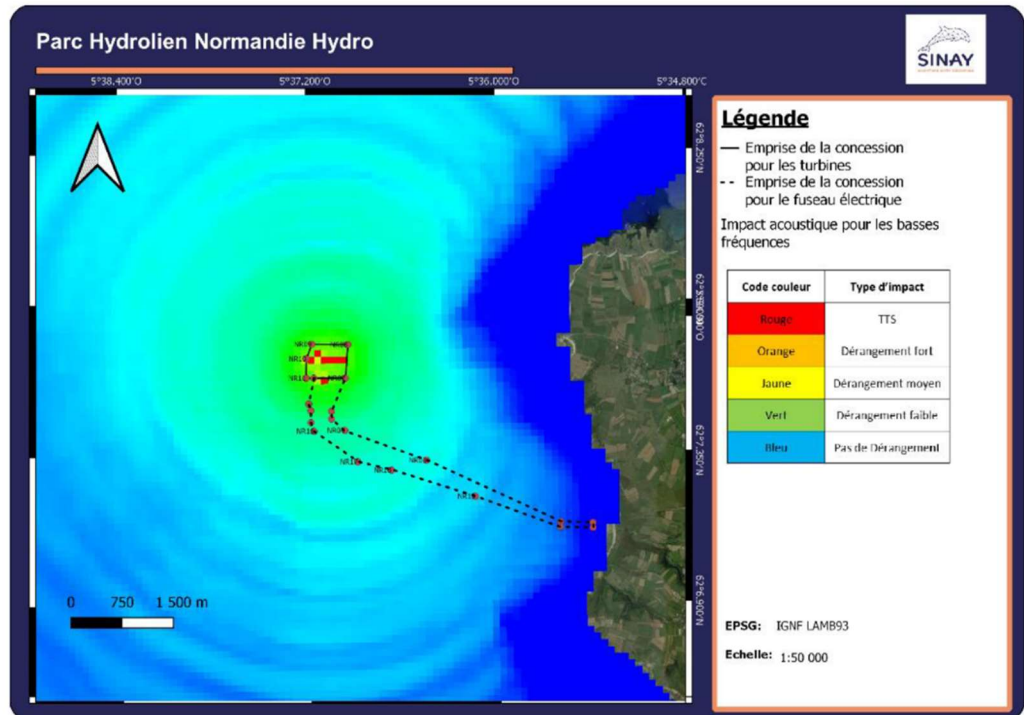
Code couleur	Type d'impact
Rouge	TTS
Orange	Dérangement fort
Jaune	Dérangement moyen
Vert	Dérangement faible
Bleu	Pas de Dérangement

**TABLEAU 28 : ÉCHELLE DES IMPACTS SUR LES MAMMIFERES (SINAY, 2021) – TTS : TEMPORARY THRESHOLD SHIFT, DECALAGE TEMPORAIRE DU SEUIL D'AUDITION**

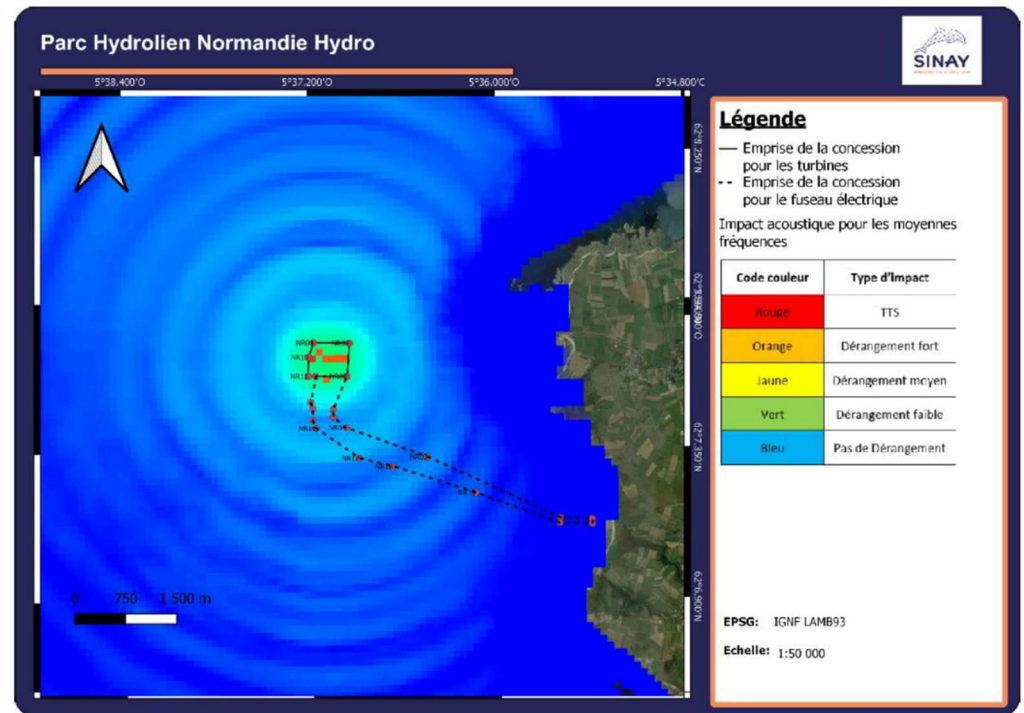
## Fréquences

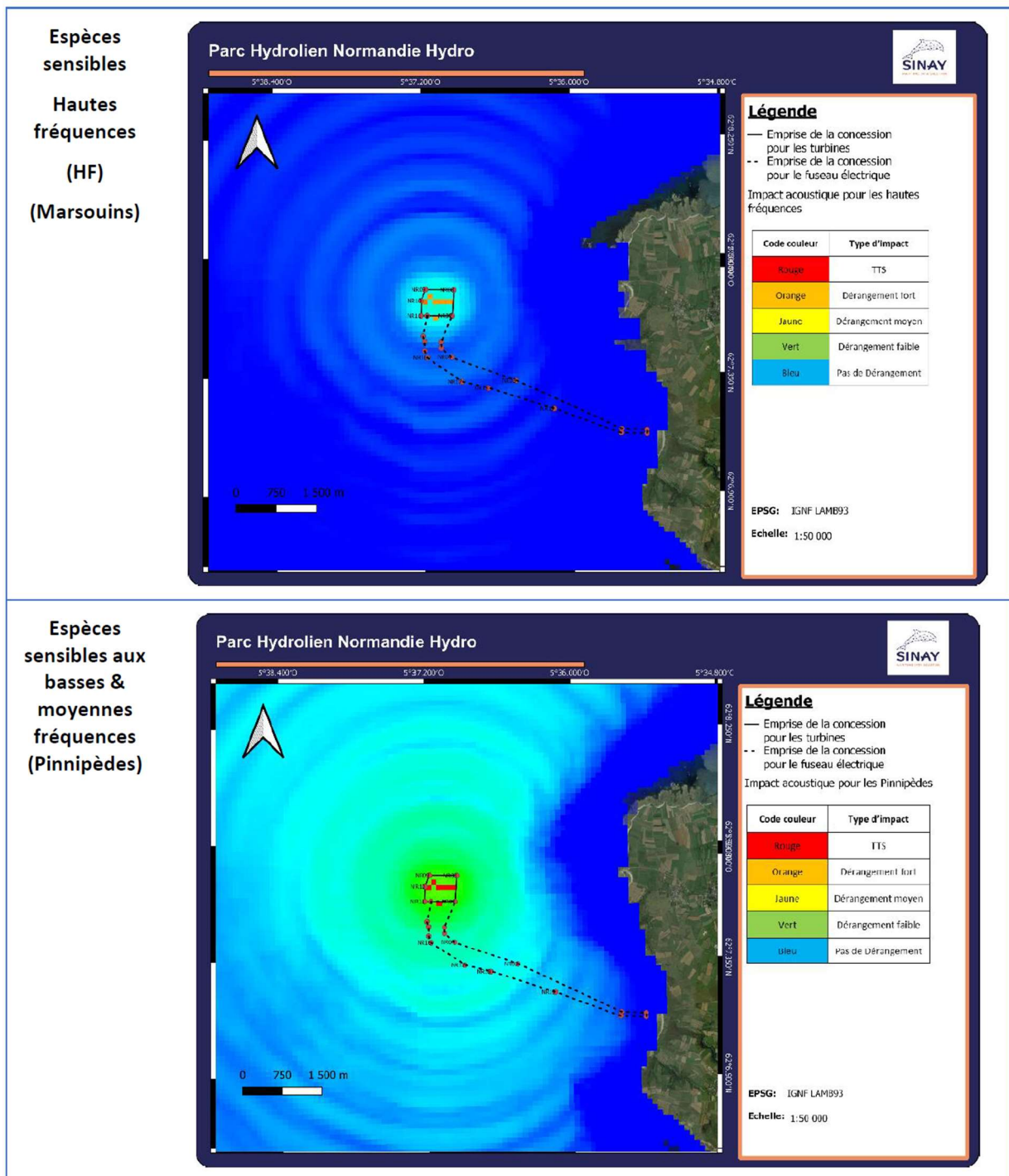
## Impact sur les espèces pendant 24H en continu

Espèces sensibles aux Basses fréquences (LF)



Espèces sensibles aux Moyennes fréquences (MF)





**FIGURE 51 : LES IMPACTS SUR LES MAMMIFERES MARINS (SINAY, 2021A)**

Le rayon d'impact (avec perte temporaire d'audition) ne dépasse pas 50 m (TTS<sup>15</sup>) autour de la source sonore pour l'ensemble des classes d'animaux identifiés pouvant fréquenter la zone de concession. Pour des dérangements forts, le rayon depuis la source sonore est d'environ 150 m. Les dérangements moyens se situent aux alentours de 300 m. Ces résultats issus de la modélisation auront une occurrence statistique faible à nulle car ces impacts pourraient se produire uniquement dans le cas où l'espèce cible se trouve dans ces conditions pendant 24 h sans bouger en continu.

<sup>15</sup> Perte temporaire d'audition

- **Comparaison entre les deux projets**

Comme évoqué en préambule, les impacts liés aux bruits des hydroliennes en fonctionnement, sur les mammifères étaient évalués de négligeable pour toutes les espèces dans l'étude d'impact relative au projet Normandie Hydro (EDF-EN, 2015) :

Espèce	Impact du projet Normandie Hydro	Impact du Projet Flowatt
<b>Grand dauphin</b>	Négligeable	Négligeable
<b>Phoque Gris</b>	Négligeable	Négligeable
<b>Marsouin commun</b>	Négligeable	Négligeable
<b>Phoque veau-marin</b>	Négligeable	Négligeable

**TABLEAU 29 : TABLEAU D'ANALYSE COMPARATIVE DES IMPACTS ENTRE LES 2 PROJETS (SINAY, 2010B)**

L'analyse des impacts sur le bruit sous-marin généré par le fonctionnement des hydroliennes, mené par de la modélisation dans le contexte du présent cas par cas montre que les impacts entre les deux projets sont estimés comme étant identiques. Ils sont négligeables pour l'ensemble des espèces.

### 5.2.3.2 Les incidences du changement de technologie sur le risque de collision des oiseaux

Dans le cadre du présent examen au cas par cas, une étude complémentaire a été commandée au Groupe ornithologique normand (GONm). Afin d'évaluer le risque de collision des oiseaux avec les hydroliennes et le surrisque généré par le changement de technologie, le GONm a tout d'abord actualisé les données d'état initial. Les principaux résultats de cette étude sont présentés ci-après ; le rapport figure en intégralité en annexe.

- **Préambule**

L'étude d'impact EDF-EN (2015) avait évalué le risque de collision par dire d'expert et sur la base de retours d'expériences. Dans le cas présent, une étude actualisée, basée sur de la bibliographie en vigueur et les dires d'experts est proposée. Elle a évaluait également le niveau de risque en phase d'exploitation comme direct, permanent et faible pour les oiseaux plongeurs (nul, pour les autres espèces d'oiseau) :

Espèce	Sensibilité	Effet	Impact
Plongeon catmarin	Moyenne	Faible	Faible
Plongeon arctique	Moyenne	Faible	Faible
Plongeon huard	Moyenne	Faible	Faible
Gravelot à collier interrompu	Moyenne	Nul	Nul
Mouette mélanocéphale	Faible	Nul	Nul
Sterne caugek	Faible	Nul	Nul
Sterne pierregarin	Faible	Nul	Nul
Sterne naine	Faible	Nul	Nul
Grand gravelot	Moyenne	Nul	Nul
Cormoran huppé	Moyenne	Faible	Faible

**TABLEAU 30 : IMPACTS SUR LES OISEAUX MARINS LIES AU RISQUE DE COLLISION AVEC LES HYDROLIENNES (EDF-EN, 2015)**

**Remarque importante** : notre expert du GoNm indique que les espèces suivantes, même si à priori elles sont toute potentiellement présentes à l'échelle de la zone d'étude éloignée, ne doivent pas faire partie du tableau d'analyse d'EDF-EN car certaines sont terrestres et d'autres ne sont pas des oiseaux plongeurs. Les limicoles se reproduisent et hivernent sur la côte et n'exploitent pas la colonne d'eau pour pêcher et se nourrir.

Espèces de l'avifaune marine	Espèces non plongeuse	Espèces à retirer de l'étude et non plongeuses
<b>Mouette mégalocéphale</b>	Se nourrissent en mer mais en surface	X
<b>Sterne caugek</b>	Se nourrissent en mer mais en surface	X
<b>Sterne pierregarin</b>	Se nourrissent en mer mais en surface	X
<b>Sterne naine</b>	Se nourrissent en mer mais en surface	X
<b>Gravelot à collier interrompu</b>	Espèce terrestre (limicoles)	X
<b>Grand gravelot</b>	Espèce terrestre (limicoles)	X

**TABLEAU 31 : TABLEAU DES ESPECES A RETIRER DE L'ETUDE (SOURCE GoNm)**

De plus, l'espèce « plongeur huard » n'existe pas, il s'agit selon le GoNm du « plongeur imbrin ». Au final, les seules espèces plongeurs de l'étude EDF-EN sont consignées dans le tableau ci-dessous

Espèces de l'avifaune marine	Espèces Plongeuses	Espèces à garder dans l'étude
<b>Plongeur camarin</b>	Se nourrissent en mer en plongeant	X
<b>Plongeur arctique</b>	Se nourrissent en mer en plongeant	X
<b>Plongeur imbrin</b>	Se nourrissent en mer en plongeant	X
<b>Cormoran huppé</b>	Se nourrissent en mer en plongeant	X

**TABLEAU 32 : TABLEAU DES ESPECES A CONSERVER DANS L'ETUDE (SOURCE GoNm)**

- **Rappel de la capacité de plongée des oiseaux marins**

« Certaines espèces d'oiseaux marins ont une aptitude à pénétrer dans la colonne d'eau pour chasser leurs proies. Les données relatives aux caractéristiques de plongée des oiseaux sont peu nombreuses. Une revue des publications a récemment été réalisée dans le cadre d'essais d'application d'un modèle de collision aux oiseaux marins (Grant et al., 2014). Langton et al., (2011) se sont également attachés à effectuer une revue des données publiées. Ces données restent parcellaires et de nombreuses incertitudes subsistent sur les paramètres de plongée. Elles sont données dans la figure et le tableau suivants ». Source : étude d'impact EDF-EN 2015.



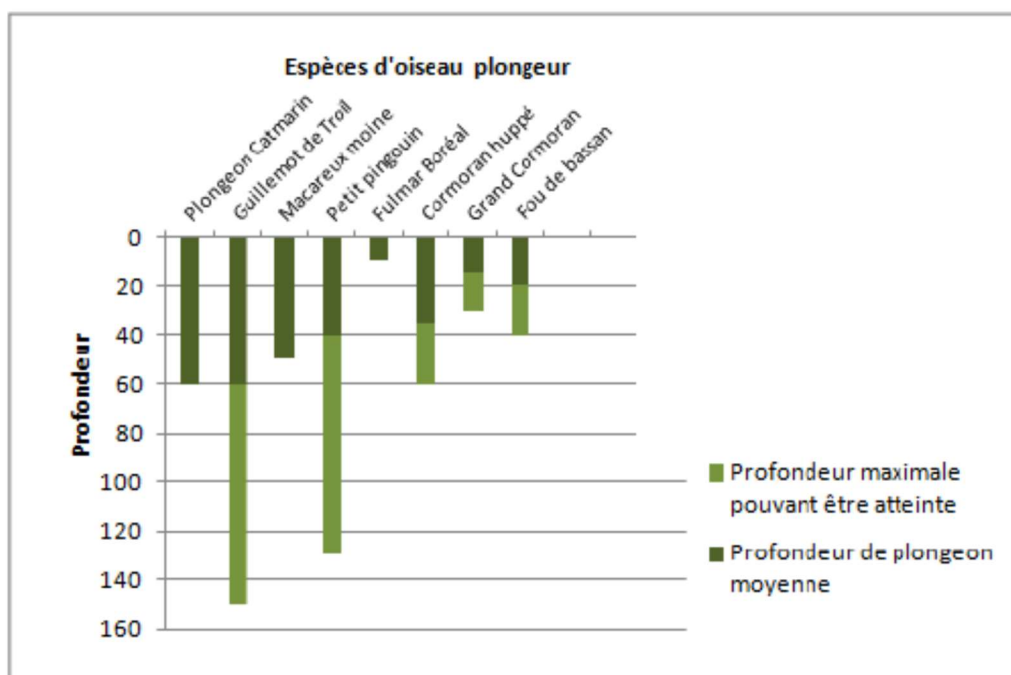


FIGURE 52 : PROFONDEUR DE PLONGEE DE DIFFERENTES ESPECES D'OISEAUX MARINS (SOURCE MODIFIEE D'APRES LANTON ET AL., 2011)

Espèces	Profondeur moyenne de plongée	Profondeur maximale de plongée	Temps de plongée	Type de plongée	Type de proie	Source
Plongeon huard (ou imbrin) <i>Gavia Immer</i>	ND	60 m (Lac Supérieur)	ND	Plongeur de surface	Pélagique et benthique	Schorger, 1947
Plongeon arctique <i>Gavia arctica</i>	3m à 6m	20 m (Baltique)	Moyenne : 45 s Max:120s	Plongeur de surface	Pélagique	Dagys & Zydellis, 2002
Plongeon calmarin <i>Gavia steltata</i>	ND	21m	ND	Plongeur de surface	Pélagique et benthique	Snow & Perrins, 1988
Cormoran huppé <i>Phalacrocorax aristotelis</i>	33-35 m (Ecosse) 55% du temps à 25 m-34m (Ecosse) 10-43 m(Ecosse) Alimentation le plus fréquemment à des profondeurs de 21-40 m (Ecosse) c.12-42 m	43 m (Ecosse)	97 s (Scotland) 38 s 62-71s pour les courtes distances 50-5 s pour les longues distances c.40-110 s augmente avec la profondeur	Plongeur de surface Descente et remontée pratiquement à la verticale	Pélagique et benthique	Wanless <i>et al.</i> , 1991,1996,1997a,1998. Watanuki <i>et al.</i> ,2005 Grémillet <i>et al.</i> , 1998a

TABLEAU 33 : CARACTERISTIQUES DE PLONGEE DES ESPECES D'OISEAUX PLONGEURS POTENTIELLEMENT CONCERNES PAR LE PROJET

« Les données sont relativement peu nombreuses, notamment pour les plongeurs, ce qui augmente le risque d'incertitude sur l'exactitude des paramètres et leur véracité dans les conditions du site du projet. Certaines incohérences apparaissent même, Langton (2011) attribuant au plongeur catamarin des capacités de plongée jusqu'à 60 mètres, reportées par Schrorger (1947) pour le plongeur imbrin. Le nombre d'études est trop faible pour attribuer, dans les conditions du site d'étude, une sensibilité particulière à une espèce plutôt qu'une autre sur la base des capacités de plongée.

*Dans une approche conservatrice, les trois espèces de plongeurs seront considérées capables de plonger jusqu'à 60 mètres. Le cormoran huppé a fait l'objet de plus nombreuses études et il est admis que cette espèce présente des capacités de plongée de l'ordre de 40 m ». Source EDF-EN.*

Selon le GoNm, ce constat d'un manque de données reste tout à fait exact aujourd'hui pour avoir des certitudes sur les capacités maximales de plongées des différentes espèces dans la zone d'étude. De plus, les répercussions potentielles des installations sur les oiseaux de mer demeurent largement inconnues (Furness et al., 2012 ; Scott et al., 2014). Les principales préoccupations sont le risque de collisions entre les oiseaux de mer qui se nourrissent en profondeur et les composants mobiles des dispositifs (Wilson et al., 2007a), la perte ou la modification d'habitat, le risque d'éloigner les oiseaux de mer de leurs zones de nourrissages pendant l'installation, le changement de comportement des oiseaux face aux dispositifs ou aux modifications d'habitats et l'exploitation et l'entretien des dispositifs (Wilson et al., 2007 ; Furness et al., 2012 ;

Wade et al., 2013 ; Frid et al., 2012 ; Langton et al., 2011). Le risque de collision sous l'eau serait plus élevé qu'avec les éoliennes parce que les dispositifs hydroliens comprennent des pales en rotation sous l'eau, mais des recherches complémentaires sont nécessaires pour mieux l'évaluer (Inger et al. 2009).

Les capacités de plongée théoriques des plongeurs et du cormoran huppé se superposent avec les profondeurs d'immersion des hydroliennes. Ils pourraient de ce fait entrer en interaction avec les hydroliennes.

- **Sensibilité des espèces d'oiseau plongeur sur la zone d'étude**

#### **Les oiseaux nicheurs**

Les principales colonies d'oiseaux marins nicheurs en milieu naturel sont indiquées sur la carte ci-dessous qui montre que, dans un rayon d'une centaine de kilomètres autour de la zone d'implantation, existent plusieurs colonies d'oiseaux de mer (hors colonies urbaines) : le plus grand rayon indiqué est de 100 km, le plus petit de 50 km.

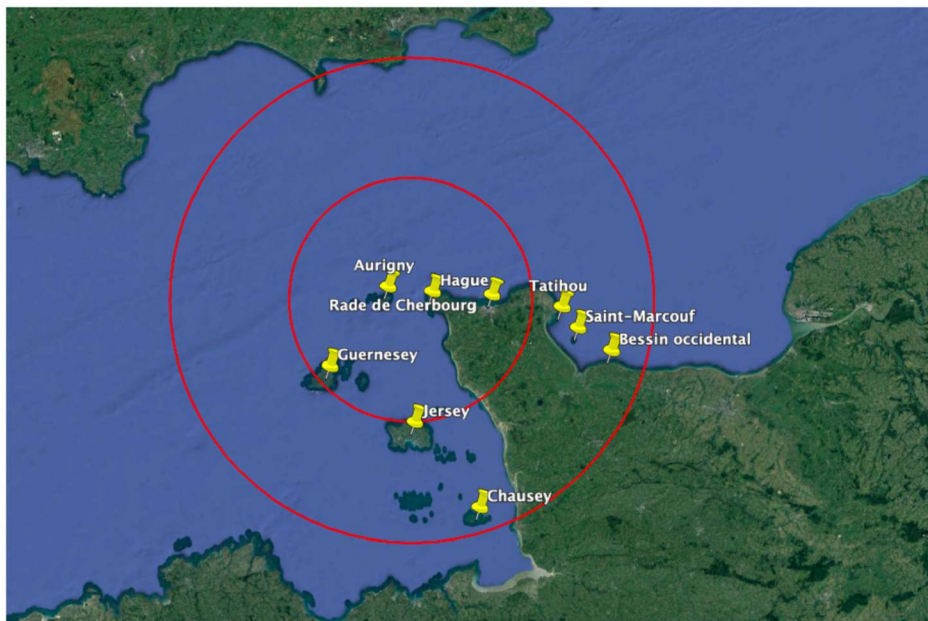


FIGURE 53 : LOCALISATION DES COLONIES D'OISEAUX MARINS NICHEURS PROCHES DU SITE D'ETUDE

### Le grand cormoran

Dans un rayon de cinquante kilomètres, l'espèce se reproduit dans la Hague (une trentaine de couples) et à Aurigny. Une étude menée sur le grand cormoran à Saint-Marcouf et Antifer (Debout, 1988), dont le rayon d'action est de l'ordre de 20 km au plus.

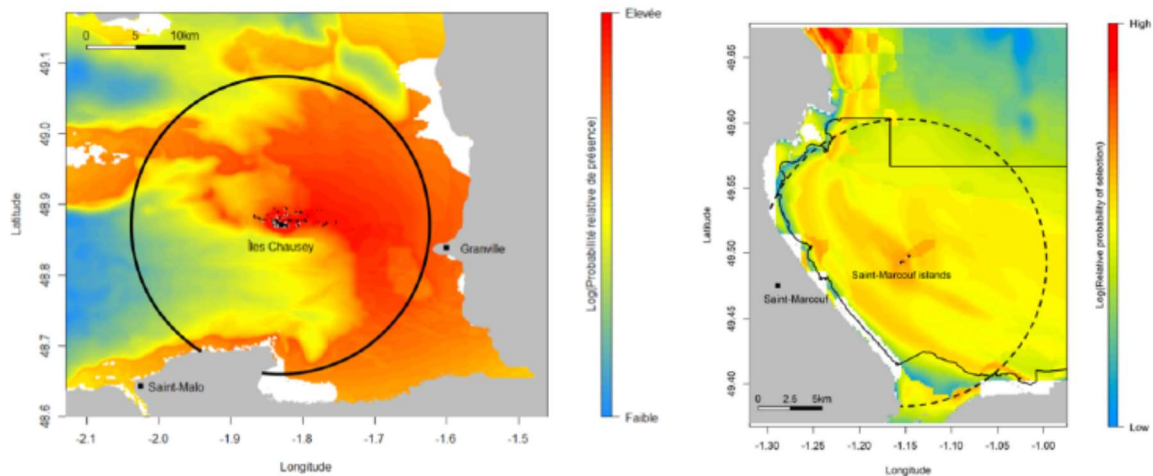
Les oiseaux des colonies d'Aurigny et de la Hague pourraient donc potentiellement être impactées par le projet d'hydroliennes. Une étude menée dans l'archipel de Chausey a montré qu'en moyenne les grands cormorans plongent à 5-6 m de profondeur pour rechercher leur nourriture. Mais les plongées peuvent atteindre une profondeur de 32 m (Grémillet, 1997). Considérant la profondeur estimée d'immersion des machines, l'impact potentiel des hydroliennes semble limité, mais pas impossible, pour l'essentiel des oiseaux.

### Cormoran huppé

Les colonies les plus proches se situent à Jobourg (une quarantaine de couples) Aurigny et à Cherbourg (une soixantaine de couples). L'écologie spatiale de cette espèce a été étudiée par télémétrie à Chausey et Saint-Marcouf en 2018 (Courbin *et al.* 2018 ; Courbin *et al.* 2019). Sur chaque site, quinze oiseaux ont été équipés d'une balise GPS et l'analyse de leurs trajectoires montre que le rayon d'action est d'environ 4 kilomètres avec un éloignement maximal d'environ 15 km quand des travaux antérieurs ont déterminé un rayon d'action de 6,5 km avec un éloignement maximal de 16 à 20 km (Langston 2010, Thaxter *et al.* 2012).

Sur ces bases, les oiseaux de Cherbourg, Saint-Marcouf, Guernesey, Jersey et Chausey ne seraient pas ou peu impactés par le projet. Bien que plus proches, les colonies d'Aurigny se situent à plus de 20 km de l'emplacement envisagé pour l'immersion des machines. L'impact sur les cormorans huppés nicheurs d'Aurigny pourrait donc être limité. En revanche, les oiseaux se reproduisant à Jobourg pourraient potentiellement être impactés. Dans le cadre des deux études par télémétrie menées sur le cormoran huppé en Normandie, sur les colonies de Chausey et Saint-Marcouf, Courbin *et al.* (2018, 2019) ont montré que la profondeur des plongées d'alimentation des oiseaux se situait entre -5 et -15 m à Chausey et entre -10 et -20 m à Saint-Marcouf. Considérant la profondeur estimée d'immersion des machines, l'impact potentiel des hydroliennes semble négligeable. Cependant, les hydroliennes vont être immergées dans un milieu à haute énergie tandis que les études ont été menées dans des zones présentant des courants beaucoup moins forts. Il est

tout à fait envisageable que le comportement de recherche alimentaire des oiseaux soit différent selon la force des courants.



**FIGURE 54 : DISTRIBUTION SPATIALE DES CORMORANS HUPPES DE CHAUSEY (A GAUCHE) ET SAINT-MARCOUF (A DROITE) (D'APRES COURBIN ET AL, 2018 ET 2019)**

### Les Alcidés

Les pingouin torda, guillemot de Troïl et macareux moine se reproduisent sur les îles anglo normandes. Le macareux moine va pêcher au-delà de 100 km de leur colonie, comme le montre l'exemple de la carte Figure 58 (Fisher 1984). Les 2 autres Alcidés pourraient eux aussi s'éloigner de plusieurs dizaines de kilomètres de leurs colonies, mais les distances sont discutées (Bradstreet et Brown 1985, Harris 1984). Les études menées sur les Alcidés montre que le pingouin torda plonge à une profondeur moyenne de 5 m mais que les guillemots de Troïl et macareux moine pouvaient tous deux plonger jusqu'à 60 m pour s'alimenter (Bradstreet et al., 1985). Sur ces bases, si l'impact d'hydroliennes immergées au large de la Hague semble limité pour le pingouin torda, le guillemot de Troïl et le macareux moine pourraient quant à eux être impactés par le projet.

### **Les oiseaux hivernants**

Si nous disposons bien de données attestant de la présence d'espèces potentiellement vulnérables face à des hydroliennes dans le Raz Blanchard, de très rares informations relatives au comportement de ces oiseaux sont signalées dans la base de données. De sorte qu'il nous est impossible de dire si ces espèces pourraient potentiellement être impactées même si bien sûr le risque existe.

### Plongeurs

En hiver les trois espèces de plongeurs font l'objet d'observation régulière au niveau du Raz Blanchard. Le Plongeur imbrin est le moins observé (moins de 5 individus en hivernage au maximum) mais plusieurs dizaines de Plongeurs arctique et catmarin (de 50 à 200 selon les années) (Source GoNm 2020).

### Cormorans

En hiver une centaine d'individus de chaque espèce de cormorans (cormoran huppé et grand cormoran) sont régulièrement observés au niveau du Raz Blanchard (Source GoNm 2020).

### Alcidés

La présence de macareux moine au large des côtes françaises de la Hague est rare. Mais la présence de guillemot de Troïl et pingouin torda est en revanche bien marquée avec 200 à 300 oiseaux régulièrement signalés avec des pics pouvant monter à 1 000 ou 1 500 oiseaux (Source GoNm 2020).

### **Les oiseaux migrateurs**

Il est très difficile de suivre les migrateurs et d'estimer leurs effectifs : il ne faut en effet pas oublier que les observateurs ont naturellement tendance à aller observer les jours où les passages doivent *a priori* être importants, compte tenu des conditions météorologiques et il est impossible d'extrapoler à partir des résultats des heures d'observation.

S'il y a peu de risques d'impacter les oiseaux migrateurs qui ne font que passer, le risque est potentiel pour les oiseaux marins plongeurs en halte migratoire qui se reposent et se nourrissent avant de reprendre leur migration. **Entre 3 000 et 5 000 individus de plongeurs, cormoran et Alcidés sont observés annuellement en migration au niveau du cap de la Hague.**

Compte tenu de la difficulté d'évaluer les effectifs d'oiseaux migrateurs, il est probable que les effectifs réels soient supérieurs. La plupart de ces oiseaux ne font que passer pour rejoindre leurs sites d'hivernage. Néanmoins certains d'entre eux peuvent être amenés à faire une halte migratoire, pour se reposer et se nourrir, au large de la Hague. Cependant, comme pour les nicheurs et hivernants, nous manquons de données comportementales pour statuer sur un potentiel impact.

Pour résumer, les principales espèces potentiellement impactées par le risque de collision sont présentées ci-après :

- Le grand cormoran
- Le cormoran huppé
- Le pingouin torda
- Le Guillemot de Troïl
- Plongeon catmarin
- Plongeon arctique
- Plongeon imbrin
- Macareux moine

**Remarque** : il ne sera possible de comparer les 2 projets pour les 3 espèces suivantes car elles ne font pas partie de l'étude d'impact EDF-EN

- Le cormoran huppé
- Le pingouin torda
- Le Guillemot de Troïl

Selon l'analyse réalisée par le GoNm, la sensibilité des espèces susceptibles d'être impactée est présentée dans le tableau ci-dessous.

Espèce	Sensibilité
Grand cormoran	Moyenne
Cormoran huppé	Moyenne
Pingouin torda	Moyenne
Guillemot de troïl	Moyenne
Plongeon catmarin	Moyenne
Plongeon arctique	Moyenne
Plongeon imbrin	Moyenne
Macareux moine	Moyenne

**TABLEAU 34 : EVALUATION DE LA SENSIBILITE DES ESPECES SUCEPTIBLES D'ETRE IMPACTEES PAR LE PROJET**

- **Indice de vulnérabilité des espèces face aux hydroliennes**

Espèce	Vulnérabilité des espèces (Hague)
Le cormoran huppé	Importante
Le Guillemot de Troïl	Faible
Le plongeon catmarin	NC
Le plongeon arctique	NC
Le plongeon huard	NC
Le macareux moine	Faible

**TABLEAU 35 : VULNERABILITE DES OISEAUX MARINS PAR RAPPORT AUX HYDROLIENNES D'APRES FURNESS ET AL. 2012**

- **Approche pour l'analyse du risque de collision**

L'évaluation du risque de collision est possible en fonction de la connaissance de la profondeur moyenne de plongée des espèces susceptibles de rechercher de la nourriture sur la zone d'étude. Il est possible d'attribuer un facteur d'exposition en fonction de la profondeur atteinte par l'espèce considérée. Par ailleurs, la hauteur d'eau au-dessus des hydroliennes est variable en fonction du coefficient de marée mais également en fonction des hauteurs d'eau relatives au cycle de marée.

Nous considérons dans l'analyse, non pas la profondeur maximale des plongeurs, mais la profondeur moyenne atteinte par les différentes espèces.

Espèce	Profondeur moyenne de plongée (m)	Hauteur d'eau restant au-dessus l'hydrolienne (CM 120 Basse mer) (m)	Hauteur d'eau moyenne au-dessus de l'hydrolienne (+/- 4m) coef 70 (m)	Atteinte potentielle de la turbine
Le Guillemot de Troïl	60	12	18,5 m	Quel que soit le cycle de la marée
Le macareux moine	45	12	18,5 m	Quel que soit le cycle de la marée
Le cormoran huppé	25	12	18,5 m	Quel que soit le cycle de la marée
Plongeon arctique	21	12	18,5 m	En fonction du cycle de marée
Plongeon catmarin	20	12	18,5 m	En fonction du cycle de marée
Plongeon imbrin	20	12	18,5 m	En fonction du cycle de marée
Le grand cormoran	12	12	18,5 m	Jamais
Le pingouin torda	5	12	18,5 m	Jamais

**TABLEAU 36 : TABLEAU DES PROFONDEURS DE PLONGEE DES OISEAUX MARINS ET MISE EN EVIDENCE DE L'ATTEINTE POTENTIELLE DE LA TURBINE (SINAY, 2021B)**

Compte tenu de ces résultats, le risque est nul pour les espèces suivantes :

- Le pingouin torda
- Le grand cormoran

**Le reste de l'étude porte donc sur les espèces suivantes :**

- Le cormoran huppé

- Le guillemot de Troïl
- Le plongeon catmarin
- Le plongeon arctique
- Le plongeon huard
- Le macareux moine
- **Probabilité de présence de l'avifaune en fonction des caractéristiques de l'habitat**

## Source de données

Les données utilisées pour cette partie de l'étude viennent de OBIS<sup>16</sup> et d'EMODnet<sup>17</sup> sur la période comprise entre 1999 et 2020.

## Méthode de modélisation

La méthode de modélisation est basée sur le modèle GBM (Boosted Regression Trees) de la famille de Bernouilli. Les données d'entrées sont les suivantes :

- La température de l'habitat marin (Source EMODnet 2019) ;
- La salinité (Source EMODnet 2019) ;
- La chlorophylle (Source EMODnet 2019) ;
- La bathymétrie (Source EMODnet 2019) ;
- La présence des oiseaux marin sur OBIS de 1999 à 2020.

## Résultats cartographiques de la modélisation

La modélisation s'est axée sur les espèces susceptibles d'être présentes sur la zone d'étude rapprochée :

- Le cormoran huppé
- Le guillemot de Troïl
- Le plongeon catmarin
- Le plongeon arctique
- Le plongeon imbrin
- Le macareux moine

---

Pour les cartographies ci-après, les légendes détaillées représentent les probabilités de présence de l'espèce en fonction des caractéristiques de l'habitat.

---

<sup>16</sup> Ocean Biodiversity Information System

<sup>17</sup> European Marine Observation and Data Network

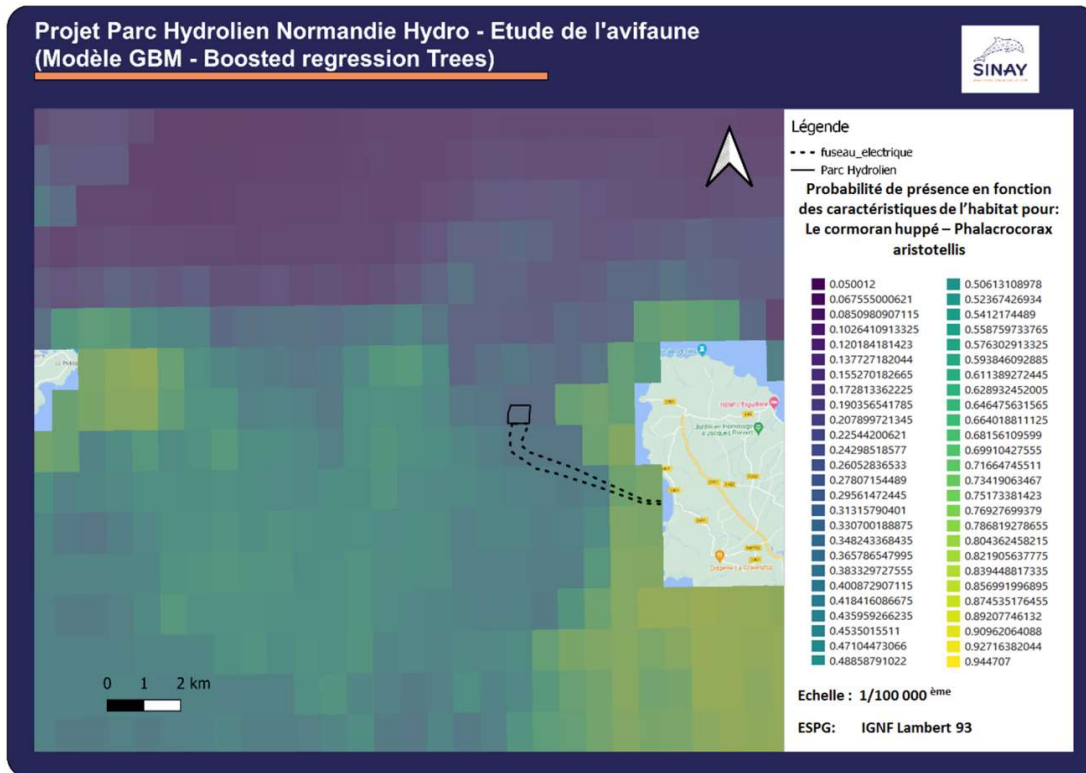


FIGURE 55 CARTOGRAPHIE MONTRANT L’AFFINITE DU CORMORAN HUPPE POUR LES HABITATS MARINS SUR LA ZONE RAPPROCHEE DU FUTUR PARC HYDROLIEN (SINAY, 2021B)

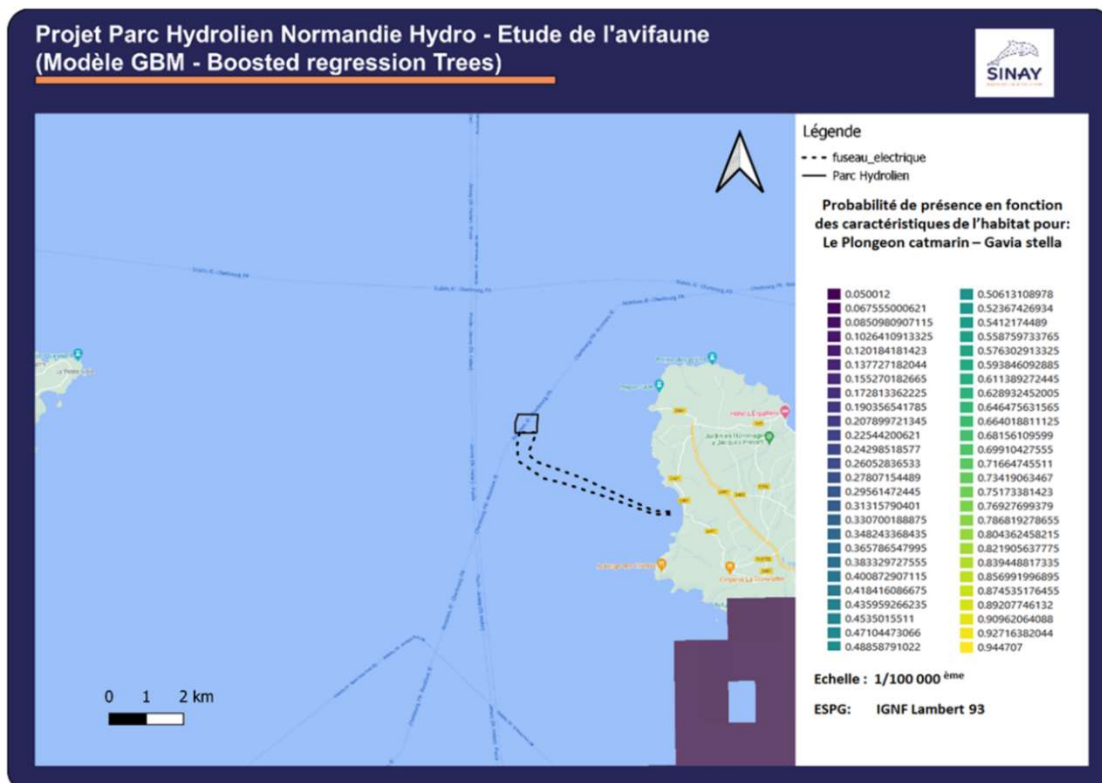


FIGURE 56 CARTOGRAPHIE MONTRANT L’AFFINITE DU PLONGEON CATMARIN POUR LES HABITATS MARINS SUR LA ZONE RAPPROCHEE DU FUTUR PARC HYDROLIEN (SINAY, 2021B)



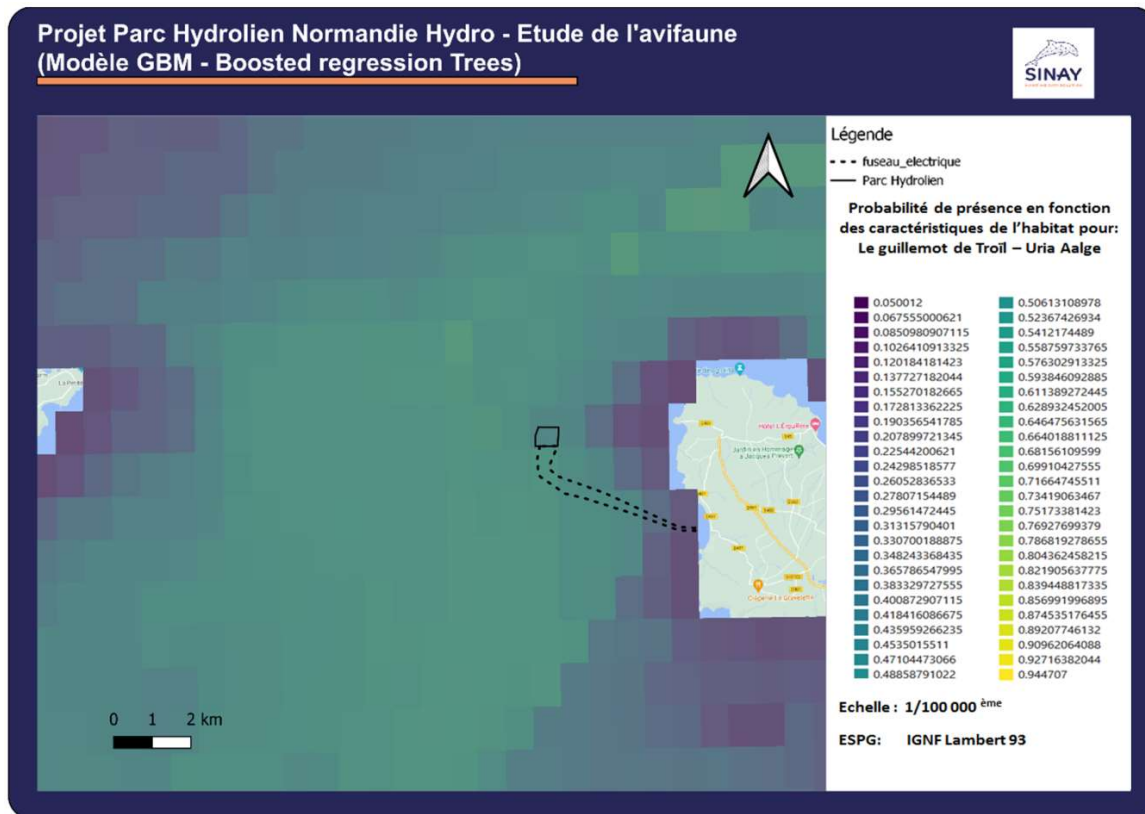


FIGURE 57 CARTOGRAPHIE MONTRANT L’AFFINITE DU GUILLEMOT DE TROIL POUR LES HABITATS MARINS SUR LA ZONE RAPPROCHEE DU FUTUR PARC HYDROLIEN (SINAY, 2021B)

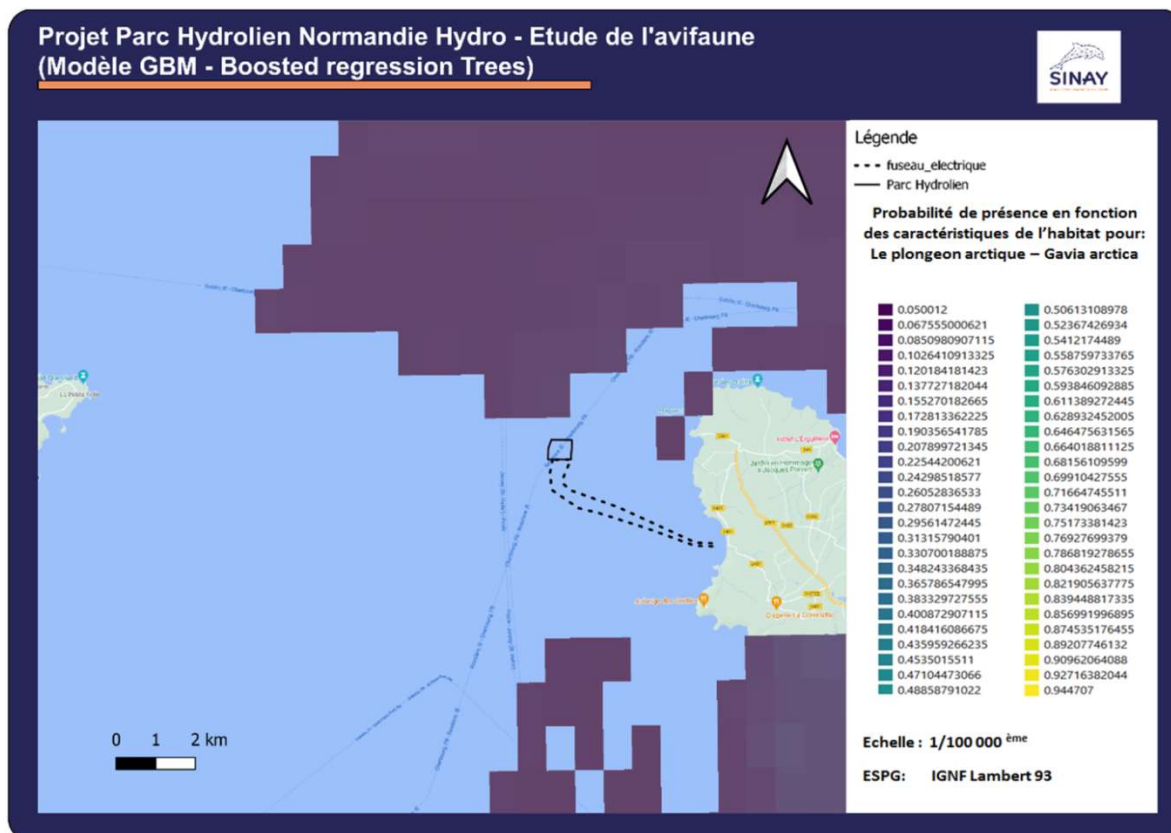


FIGURE 58 CARTOGRAPHIE MONTRANT L’AFFINITE PLONGEON ARCTIQUE POUR LES HABITATS MARINS SUR LA ZONE RAPPROCHEE DU FUTUR PARC HYDROLIEN (SINAY, 2021B)

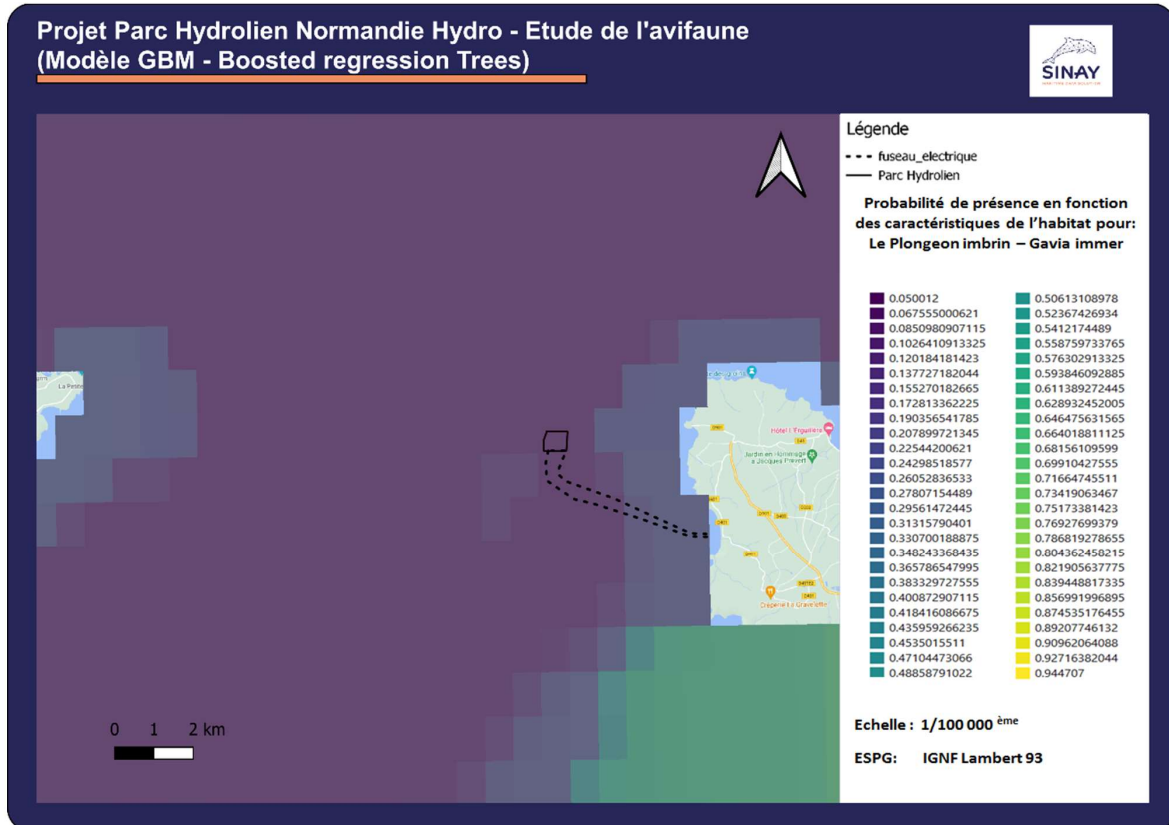


FIGURE 59 CARTOGRAPHIE MONTRANT L’AFFINITE PLONGEON ARCTIQUE POUR LES HABITATS MARINS SUR LA ZONE RAPPROCHEE DU FUTUR PARC HYDROLIEN (SINAY, 2021B)

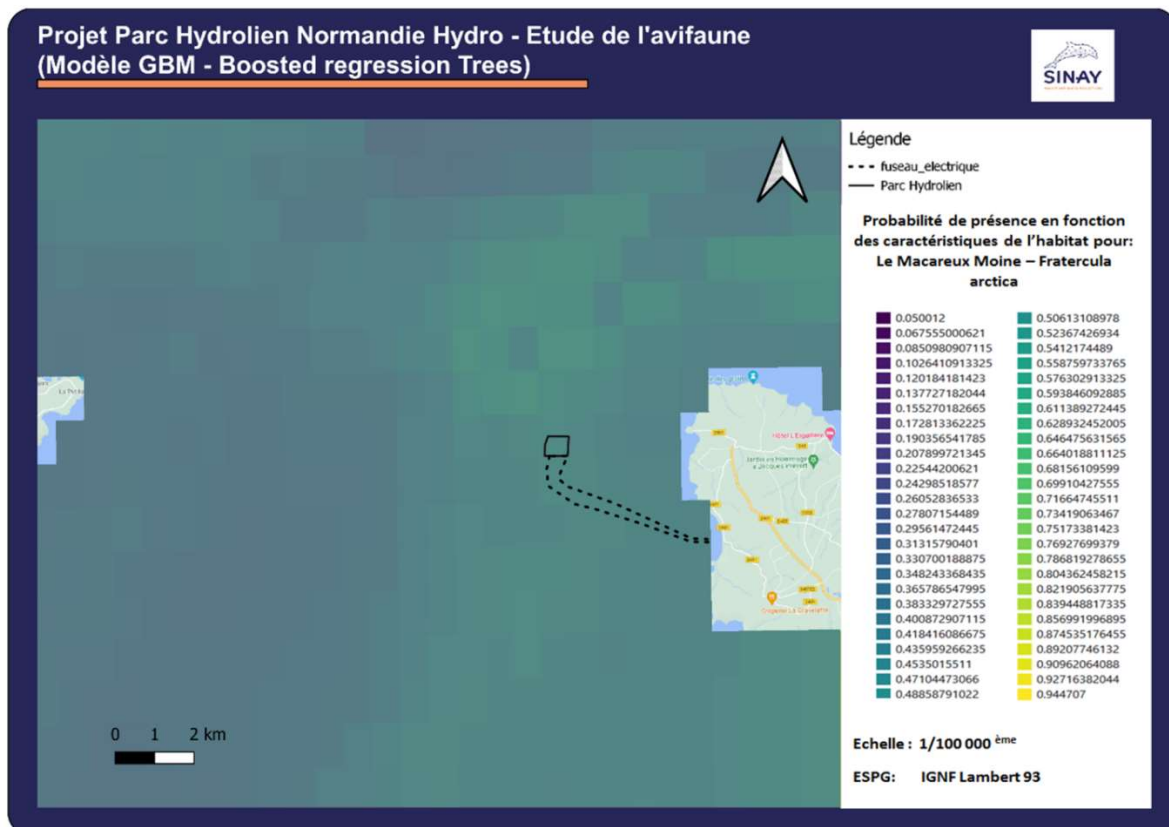


FIGURE 60 : CARTOGRAPHIE MONTRANT L’AFFINITE DU MACAREUX MOINE POUR LES HABITATS MARINS SUR LA ZONE RAPPROCHEE DU FUTUR PARC HYDROLIEN (SINAY, 2021B)

### Analyse cartographique

Chaque pixel possède un indice d'affinité de l'habitat par rapport à l'espèce : compris entre 0 et 1. Cet indice peut s'interpréter comme une probabilité de présence potentielle de l'espèce sur tel ou tel habitat de la zone d'étude. Plus l'indice tend vers 0 et moins il y a de chance de voir l'espèce sur la section étudiée. À l'inverse, plus l'indice tend vers 1 et plus il y a de chance de voir l'espèce présente sur la section étudiée. Lorsque l'on intersecte les couches liées à « ces probabilités de présence » avec les différentes parties de l'emprise du parc hydrolien, on obtient des valeurs en fonction des secteurs étudiés.

Le tableau ci-dessous présente les résultats obtenus des traitements cartographiques :

Indice de présence en fonction des caractéristiques de l'habitat (Modélisation - cartographie)		
Espèce	Ferme hydrolienne	Fuseau électrique (résultats sections Est-Ouest)
Le cormoran huppé	0,3124	0,3824 - 0,4173 - 0,4535 - 0,72 - 0,76
Le guillemot de Toïl	0,504	0,59 - 0,53 - 0,31 - 0,18
Le plongeon catmarin	0	0
Le plongeon arctique	0	0
Le plongeon imbrin	0,0806987	0,0806987 - 0,197065 - 0,232743
Le marcareux moine	0,519	0,519 - 0,521 - 0,47

**TABLEAU 37 : INDICE DE PRESENCE EN FONCTION DES CARACTERISTIQUES DE L'HABITAT L'HABITAT CALCULE A PARTIR DE DONNEES PRISES ENTRE 1999 ET 2020 OBIS<sup>18</sup> ET D'EMODNET (SINAY, 2021B)**

Aucune espèce étudiée ici n'a été observée réellement sur la zone de concession, excepté sur la partie Est du fuseau de câble électrique, la plus proche du bord de mer. Selon la bibliographie, ces 6 espèces d'oiseau de mer fréquentent potentiellement la concession de manière temporaire principalement pour aller vers la zone alimentaire.

Cependant, la modélisation montre une présence potentielle (= probabilité de présence) de 4 espèces sur la zone d'étude :

- Le cormoran huppé
- Le guillemot de Toïl
- Le plongeon imbrin
- Le marcareux moine

- **Analyse de risque par la modélisation**

La notion de risque est liée à l'aléa considéré (collision) et à la sensibilité de la population de l'espèce étudiée. La formule permettant d'évaluer le risque est la suivante :

**Risque = Facteur d'exposition aux aléas (turbine - obstacle) \* enjeux (sensibilité - population)**

<sup>18</sup> Ocean Biodiversity Information System

L'étude de la sensibilité est basée sur la bibliographie et le dire d'expert. Le facteur d'exposition au risque est également évalué par l'expertise du GoNm.

Le facteur d'exposition aux aléas est lié à la présence (emprise dans l'espace) des turbines dans la zone d'étude, mais également à la présence potentielle d'oiseaux marins sur la même zone, soit le calcul de facteur d'exposition (FE) :

FE = Indice d'occupation de l'habitat par le parc (IOH)\*Indice d'exposition des espèces d'oiseaux marins (IEM)

Soit : IR = IOH\*IEM\*S

L'indice calculé ci-après (cf. Tableau 36 page 105) permet d'obtenir un facteur d'exposition par espèce (FE)

Nous allons calculer l'IOF. Pour ce faire, nous calculons cet indice à partir de l'emprise unitaire des hydroliennes et de la surface de l'habitat dans notre zone d'étude. Il s'agit du coefficient de proportionnalité entre la surface d'emprise horizontale des 7 hydroliennes et de la surface de la zone d'étude rapprochée sur la base des dimensions relevées à partir de la bathymétrie moyenne et de la distance entre le cap de la Hague et l'île d'Aurigny. Le calcul est basé sur l'hypothèse que les collisions peuvent potentiellement arriver avec des individus qui viennent de toutes les directions.

Projet	Surface d'emprise d'une hydrolienne (Face supérieure) m2	Surface d'emprise du parc m2	Surface de la zone d'étude rapprochée en m2	Indice d'occupation de l'habitat par le parc (IOF)
Niveau d'espace occupé par les machines EDF	180	1 260	346 936 752	4,28753 <sup>E-06</sup>
Niveau d'espace occupé par les machines Hydroquest	212,5	1 487	346 936 752	3,63179 <sup>E-06</sup>

**TABLEAU 38 : CALCUL DU COEFFICIENT DE PROPORTIONNALITE ENTRE LA SURFACE D'EMPRISE DES HYDROLIENNES ET L'AIRES D'ETUDE (SINAY, 2021B)**

Les indices d'occupation de l'habitat par les 7 hydroliennes du parc hydrolien est très faible et similaire pour les 2 projets, respectivement 3,6 E-06 et 4,2 E-06 pour EDF-EN et HydroQuest.

On en déduit un indice de risque par projet (cf. algorithme de calcul ci-avant) :

Espèce	(S)	(IEM)	(FE)	IOH EDF-EN	IOH FloWatt	Risque EDF-EN	Risque Flowatt
<b>Le cormoran huppé</b>	1,5	0,2708	0,4062	3,63179 <sup>E-06</sup>	4,28753 <sup>E-06</sup>	1,47523 <sup>E-06</sup>	1,74159 <sup>E-06</sup>
<b>Le guillemot de Toïl</b>	0,5	0,3346	0,1673	3,63179 <sup>E-06</sup>	4,28753 <sup>E-06</sup>	6,07719 <sup>E-07</sup>	7,17446 <sup>E-07</sup>
<b>Le plongeon catmarin</b>	0,5	0,1666	0,0833	3,63179 <sup>E-06</sup>	4,28753 <sup>E-06</sup>	3,02649 <sup>E-07</sup>	3,57294 <sup>E-07</sup>
<b>Le plongeon arctique</b>	0,5	0,1666	0,0833	3,63179 <sup>E-06</sup>	4,28753 <sup>E-06</sup>	3,02649 <sup>E-07</sup>	3,57294 <sup>E-07</sup>
<b>Le plongeon huard</b>	0,5	0,1935	0,0967	3,63179 <sup>E-06</sup>	4,28753 <sup>E-06</sup>	3,51496 <sup>E-07</sup>	4,1496 <sup>E-07</sup>
<b>Le marcareux moine</b>	0,5	0,3396	0,1698	3,63179 <sup>E-06</sup>	4,28753 <sup>E-06</sup>	6,16798 <sup>E-07</sup>	7,28165 <sup>E-07</sup>

**TABLEAU 39 : CALCUL DU COEFFICIENT DE PROPORTIONNALITE ENTRE LA SURFACE D'EMPRISE DES HYDROLIENNES ET L'AIRES D'ETUDE (SINAY, 2021B)**

## Interprétation des résultats

Les indices obtenus sont faibles et reposent sur des valeurs comprises entre  $1E-06$  et  $1E-07$  avec des valeurs légèrement plus faibles pour le projet Normandie Hydro de EDF-EN. En effet, l'emprise supérieure en tant qu'obstacle potentiel est plus réduite pour le projet Normandie Hydro,  $180 \text{ m}^2$  contre  $212,5 \text{ m}^2$  pour le projet FloWatt. Si nous prenons le cas du macareux moine qui a l'indice de présence potentiel le plus élevé, sur une journée, statistiquement le taux de collision pour les 2 projets est respectivement  $6,16798E-07$  (Normandie Hydro) et  $7,28165E-07$  (FloWatt).

	Projet EDF-EN	Projet FloWatt
Taux de collision sur 1 an	0,00219	0,0025
Taux de collision sur 10 ans	0,0219	0,025
Taux de collision sur 20 ans	0,0438	0,050
Taux de collision sur 400 ans	0,876	1

**TABLEAU 40 : COMPARAISON DE LA PROBABILITE DE COLLISION ENTRE LES DEUX PROJETS (SINAY, 2021B)**

La probabilité de collision pour l'espèce ayant le plus d'affinité pour l'habitat se trouvant sur la concession est de l'ordre 2,5 chances sur 1000 d'observer une collision sur la période d'exploitation du projet estimée à 20 ans.

## Synthèse

Le risque de collision est presque similaire entre les 2 projets et considéré comme nul à l'échelle du cycle de vie du projet

Selon les résultats de notre étude, le risque de collision pour les oiseaux marins à l'échelle de vie du projet (20 ans) est nul avec des taux de retour nul pour l'ensemble des espèces étudiées.

**Remarque :** cette analyse doit être prise avec prudence dans la mesure où elle ne tient pas compte en particulier particularités des zones de pêches pour certaines espèces pouvant se trouver à proximité du projet dans la colonne d'eau ayant une grande énergie.

**Néanmoins, en cas de rencontre entre un individu et une hydrolienne, le risque de blessure reste limité compte tenu de la vitesse de rotation du système et également compte-tenu des dires d'expert, la bibliographie montre que ces espèces possèdent des systèmes permettant l'évitement des obstacles.**

**L'étude du surrisque potentiel de collision, effectuée dans le cadre du présent examen au cas par cas, met donc en évidence que malgré l'emprise surfacique horizontale du projet FloWatt légèrement plus importante, le surrisque de collision est très limitée.**

- **Comparaison entre les 2 projets**

Les caractéristiques techniques des machines issues des technologies OpenHydro et HydroQuest sont sensiblement les mêmes en termes d'emprise horizontale et d'emprise verticale. La profondeur d'immersion et la hauteur des machines font que les risques de collision sont potentiels pour les

Alcidés, Phalacrocoracidés et Gaviidés. Il nous semble cependant que la faible vitesse de rotation (<12 tours/Min) est peu susceptible de provoquer des blessures en cas de collision.

Il est également envisageable que les oiseaux plongeant depuis la surface (dans le cas du Raz Blanchard : guillemot de Troïl, pingouin torda, macareux moine, plongeurs *species*, cormoran huppé et grand cormoran) possèdent une capacité d'évitement des obstacles, à la condition néanmoins que le nombre de machines immergées et la distance entre les machines n'impliquent pas d'effet barrière.

En l'absence de données bibliographiques et du faible retour d'expérience, il nous est difficile de donner un degré de vulnérabilité des espèces. Si le risque semble faible pour les cormorans et plongeurs, il reste potentiel pour le guillemot de Troïl et le macareux moine nichant à Aurigny ou exploitant le site lors de halte migratoire. Pour les oiseaux, le risque serait faible à l'exception d'oiseaux plongeant à grande profondeur, avec cependant un risque de mortalité faible dû à la vitesse lente de rotation (Frid *et al.*, 2012 ; Grecian *et al.*, 2010).

Les indices d'occupation de l'habitat étant similaires pour les 2 projets, le risque de collision reste identique pour les deux projets même si le risque de blessure semble plus important a priori sur les hydroliennes FloWatt dans la mesure où les rotors des turbines sont orientés vers le haut et la plateforme supérieure de chaque hydrolienne ne constitue pas un carénage de protection total par rapport au contact potentiel d'un individu avec les pales.

Espèce	Risque projet EDF-EN	Risque projet FloWatt
Le cormoran huppé	Faible	Faible
Le Guillemot de Troïl	NC	Faible
Le plongeur catmarin	Faible	Faible
Le plongeur arctique	Faible	Faible
Le plongeur imbrin	Faible	Faible
Le macareux moine	NC	Faible

**TABLEAU 41 : COMPARAISON DU RISQUE ENTRE LES 2 PROJETS (NC : NON COMMUNIQUE DANS L'ETUDE EDF-EN)**

L'étude bibliographique ci-avant produite par le GoNm combinée à une modélisation permettant l'approche de la notion de risque ne montre pas un sur-risque du projet FloWatt par rapport au projet EDF-EN.

**Il en résulte que les impacts potentiels sont identiques pour les 2 projets : « faibles » pour les espèces d'oiseaux plongeurs décrites ci-avant. Les mesures d'évitement prévues pour le projet Normandie Hydro sont reconduites pour le projet FloWatt.**

### 5.2.3.3 Les incidences du changement de puissance du parc sur les espèces marines

L'augmentation de la puissance du parc FloWatt soulève la question des impacts sur les câbles immergés, notamment vis-à-vis des phénomènes d'électromagnétisme et de réchauffement.

En 2020, France Energie Marines a mené le projet SPECIES<sup>19</sup> visant à caractériser les impacts potentiels des câbles électriques sous-marins associés aux projets d'énergies marines renouvelables. Ce projet a notamment caractérisé les modifications de champs électrique et de température des câbles électriques de raccordement.

Pour l'analyse des impacts électromagnétiques, France Energie Marine s'est appuyée sur des mesures in-situ (outils PASSEM et STATEM) réalisées dans des configurations plus extrêmes que celles du projet FloWatt. En effet, des mesures ont été réalisées sur la liaison Jersey-Cotentin avec une puissance transitant par le câble de 30 MW contre 17 MW pour FloWatt et une tension de 90 kV contre 20 kV pour FloWatt.

Les mesures relevées montrent une corrélation nette entre l'intensité du courant qui transite par le câble et le niveau d'électromagnétisme. Le rapport précise toutefois que les effets sur la vie marine sont difficiles à évaluer compte tenu du nombre importants de paramètres influents, typologies d'espèces, distance par rapport au câble, fréquence et intensité de l'exposition, etc. Le rapport ajoute que « *la littérature sur les impacts des champs électromagnétiques vis-à-vis de la vie marine montrent des résultats très contrastés. [...] Néanmoins, l'extrapolation de ces effets à des impacts écologiques avérés in situ, comme des changements au niveau d'une population se manifestant à travers des modifications de la survie ou du succès de reproduction, reste spéculative.* »

Afin de poursuivre le développement des connaissances sur ce sujet, il apparaît donc pertinent de poursuivre les campagnes de mesure in-situ lors des futures étapes de déploiement de parcs hydroliens, notamment sur le projet FloWatt.

Concernant les phénomènes de dissipation thermiques des câbles, l'étude de France Energies Marines rapporte que « *les mesures effectuées dans le cadre du projet n'ont montré aucune hausse de température au contact des câbles posés et en fonctionnement [...], confortant l'hypothèse, dans le cas de câbles posés, d'un échauffement immédiatement dissipé par convection avec la masse d'eau.* »

L'exemple des mesures réalisées lors du projet Oceanquest mené à Paimpol-Bréhat entre 2019 et 2021 a ainsi démontré que « les communautés épibenthiques associées aux structures artificielles du câble [...] n'avaient pas atteint le climax du point de vue de leur composition et poursuivaient leur processus de succession écologique six années après la pose du câble. »

Le projet SPECIES mené par France Energies Marine conclue « *qu'aucun impact négatif drastique des câbles électriques sous-marins n'a été mis en évidence sur les écosystèmes benthiques* ». Pour le projet FloWatt, les impacts de l'augmentation de puissance sont donc considérés comme négligeables.

**Les deux mesures de suivis bio-sédimentaires et de suivi de la ressource halieutique à proximité du parc et du câble export prévues par le projet concédé seront reconduites sur le projet FloWatt et elles permettront d'améliorer l'état des connaissances sur le sujet.**

<sup>19</sup> <https://www.france-energies-marines.org/wp-content/uploads/2021/05/rapport-synthese-species-FR-BD.pdf>

### 5.2.3.4 Synthèse : différences des impacts sur le milieu biologique en phase d'exploitation entre le projet Normandie Hydro et le projet FloWatt

Le tableau ci-dessous compare les impacts sur le milieu biologique en phase d'exploitation, entre le projet Normandie Hydro et le projet FloWatt. Les principales différences sont indiquées en gras.

Thématique	Type d'effet	Niveau d'impact du projet Normandie Hydro	Niveau d'impact du projet Flowatt
Biocénoses planctoniques	Contact avec les hydroliennes	Négligeable	Négligeable
	Altération de la qualité des eaux		
Habitats benthiques	Perte ou modification d'habitat	Négligeable	Négligeable
Espèces benthiques (ou démersales)	Dérangement lié au bruit	Négligeable	Négligeable
	Effet récif		
	Dérangement lié aux champs électromagnétiques <b>Risque d'augmentation de l'électromagnétisme du fait de la hausse de puissance transitant par le câble export.</b>		
	Dérangement lié à la température de surface des câbles		
	Effet réserve/abri		
Ressource halieutique pélagique	Dérangement lié au bruit	Négligeable	Négligeable
	Effet récif		
	Dérangement lié aux champs électromagnétiques. <b>Risque d'augmentation de l'électromagnétisme du fait de la hausse de puissance transitant par le câble export.</b>		
	Dérangement lié à la température de surface des câbles.		
	Effet réserve/abri		
Mammifères marins	Dérangement lié au bruit (hydroliennes, navires) : <b>Niveau de bruit identique entre les deux projets</b>	Négligeable à Faible (selon espèces)	Négligeable à Faible (selon espèces)
	Risque de collision avec les hydroliennes : <b>Risque de collision légèrement plus important du fait de la plus grande emprise verticale du projet FloWatt</b>		
	Effet barrière		
	Perturbation liée à la modification de l'environnement biologique		
	Modification de comportement liée aux champs électromagnétiques		
Avifaune	Risque de collision avec les hydroliennes : <b>Les indices d'occupation de l'habitat étant similaires pour les 2 projets, le risque de collision reste identique pour les deux projets même si le risque de blessure semble plus important à priori sur les hydroliennes FloWatt dans la mesure où les rotors des turbines sont orientés vers le haut et la plateforme supérieure de</b>	Nul à Faible (selon espèces)	Nul à Faible (selon espèces)



	chaque hydrolienne ne constitue pas un carénage de protection total par rapport au contact potentiel d'un individu avec les pales		
	Dérangement lié à la modification de l'environnement biologique		
	Dérangement lié à l'altération de la qualité des eaux		
	Dérangement et perte d'habitat liés à la présence de navires de maintenance		

**TABLEAU 42 : ANALYSE COMPARATIVE DES IMPACTS SUR LE MILIEU BIOLOGIQUE EN PHASE D'EXPLOITATION ENTRE LE PROJET NORMANDIE HYDRO ET LE PROJET FLOWATT**

Les impacts relatifs aux deux projets sont détaillés ci-après :

Les biocénoses planctoniques : le changement de machines n'engendre pas de modification sur le niveau d'impact évalué.

Les habitats benthiques : les emprises au sol des deux projets sont relativement similaires. Ainsi la surface d'emprise au sol (hydroliennes – fondation – hub de connexion – câble d'export) du projet Normandie Hydro et du projet FloWatt est respectivement de 32 418 m<sup>2</sup> et de 32 320 m<sup>2</sup>. Le projet FloWatt ne génère donc pas d'impact plus important que le projet Normandie Hydro.

Les espèces pélagiques : le changement de technologie d'hydroliennes peut principalement avoir une incidence sur les niveaux sonores émis et donc sur les perturbations éventuelles des espèces pélagiques. L'étude relative aux nuisances sonores générées par les hydroliennes présentées à la section 62 a montré que le bruit généré par les hydroliennes serait rapidement confondu au bruit ambiant de la zone d'étude (rappel : l'empreinte acoustique du parc hydrolien est très faible. En effet, cette empreinte acoustique est « visible » à seulement 50 m de la source. Au-delà d'un rayon de 50 m l'empreinte acoustique se fond dans le bruit ambiant). Le changement de technologie n'aura pas donc d'incidence plus importante que celle évaluée dans l'étude d'impact (EDF-EN, 2015) relative au projet Normandie Hydro ; le niveau d'impact sur les espèces halieutiques reste négligeable.

Les espèces halieutiques : les niveaux d'impact sont identiques entre les 2 projets (cf. Etude EDF) sans impact potentiel négatif sur le gisement halieutique.

Les mammifères marins : l'étude d'impact du projet Normandie Hydro indique que les principaux impacts pouvant affecter les mammifères marins proviennent du **risque de collision** et des **nuisances sonores** produites par les hydroliennes en fonctionnement. Le changement de technologie pourrait avoir une incidence sur ces deux impacts potentiels. De fait, deux études spécifiques ont été réalisées sur ce sujet.

L'étude du risque de collision conclue que malgré l'emprise verticale plus importante du projet FloWatt, le surrisque de collision est très limitée.

L'étude relative aux nuisances sonores conclue que les niveaux sonores produits seront du même ordre de grandeur entre les deux projets.

L'avifaune : l'impact le plus important (de niveau nul à faible) identifié dans l'étude EDF-EN (2015) repose sur le risque de collision des oiseaux avec les hydroliennes ; le changement de technologie pourrait avoir une incidence sur ce risque. L'étude spécifique réalisée sur ce sujet par le Groupe ornithologique normand (GONm) a montré que le risque de collision reste identique pour les deux projets.

### 5.2.4 Les impacts sur le patrimoine écologique, paysager et culturel

Le tableau ci-dessous compare les impacts sur le patrimoine écologique, paysager et culturel en phase d'exploitation, entre le projet Normandie Hydro et le projet FloWatt.

Thématique	Type d'effet	Niveau d'impact du projet Normandie Hydro	Niveau d'impact du projet Flowatt
Patrimoine écologique	Pas de perturbation particulière des habitats sur le tracé de câble traversant les ZNIEFF	Négligeable	Négligeable
	Modification de la géomorphologie littorale	Nul	Nul
Paysage	Présence occasionnelle et temporaire des navires de maintenance (tous les 5 ans).	Négligeable	Négligeable
Patrimoine culturel	-	Nul	Nul

**TABLEAU 43 : ANALYSE COMPARATIVE DES IMPACTS SUR LE PATRIMOINE ECOLOGIQUE, PAYSAGER ET CULTUREL EN PHASE D'EXPLOITATION ENTRE LE PROJET NORMANDIE HYDRO ET LE PROJET FLOWATT**

Les impacts relatifs aux deux projets sont détaillés ci-après :

Le patrimoine écologique : l'analyse des impacts sur le milieu biologique a montré qu'aucun accroissement d'effet n'était attendu sur le ce milieu et notamment sur les mammifères marins et l'avifaune. Les impacts sur le patrimoine seront donc de même niveau.

Le paysage : les interventions de maintenance sont du même ordre de grandeur entre les deux projets, les impacts seront donc similaires.

Le patrimoine culturel : de la même manière que pour le paysage, les impacts sur le patrimoine culturel seront similaires.

### 5.2.5 Les impacts sur le milieu humain

Le tableau ci-dessous compare les impacts sur le milieu humain en phase d'exploitation, entre le projet Normandie Hydro et le projet FloWatt.

Thématique	Type d'effet	Niveau d'impact du projet Normandie Hydro	Niveau d'impact du projet Flowat
Navigation maritime	Site d'implantation en dehors des principales routes empruntées par les cargos et navires de commerce. Réglementation spécifique de la navigation dans et aux abords du parc et du câble maritime de raccordement qui sera décidée par la préfecture maritime.	Faible	Faible
Zones maritimes réglementées	Aucune zone réglementée sur la zone de travaux.	Négligeable	Négligeable
Sécurité maritime	Travail de coordination pour assurer la sécurité maritime par les acteurs de concernés : un périmètre de sécurité sera établi autour des zones de travaux. Un AVURNAV (avis urgent aux navigateurs) informera les usagers de l'installation de nouveaux obstacles.	Négligeable	Négligeable
Activité de pêche professionnelle	Suppression d'une zone de pêche ; report de l'activité des professionnels de la pêche sur d'autres zones de pêche. Navigation perturbée.	Moyen	Moyen
Activités de tourisme et de loisirs (maritimes et côtières)		Nul	Nul
Santé humaine	Risque lié à la détérioration de la qualité des eaux	Nul	Nul
	Risque lié à la détérioration de la qualité de l'air		
	Risque lié aux nuisances sonores		

**TABLEAU 44 : ANALYSE COMPARATIVE DES IMPACTS SUR LE MILIEU HUMAIN EN PHASE D'EXPLOITATION ENTRE LE PROJET NORMANDIE HYDRO ET LE PROJET FLOWATT**

Les impacts relatifs aux deux projets sont détaillés ci-après :

La navigation maritime : les opérations de maintenance seront similaires entre les deux projets, les impacts sur la navigation maritime seront donc similaires.

Les zones maritimes réglementées : non concernées, pas de zones maritimes réglementées aux abords de la zone.

Sécurité maritime : de même que pour la navigation maritime, les impacts sur la sécurité maritime en exploitation seront du même ordre de grandeur (pas de surrisque lié aux machines, nombre des opérations de maintenance similaire).

Activité de pêche professionnelle : le changement de technologie ne remet pas en cause l'architecture du parc hydrolien, les impacts sur la pêche seront donc du même ordre de grandeur, c'est-à-dire de niveau moyen.

Activité de tourisme : les impacts entre les deux projets seront similaires.

Santé humaine : les impacts entre les deux projets seront similaires.

## 5.2.6 Synthèse des impacts en phase d'exploitation

La principale différence entre le projet FloWatt et le projet Normandie Hydro repose sur la différence de technologie. Outre ce point, certes très important, les modalités d'exploitation seront relativement identiques (approximativement le même nombre d'interventions). Notons toutefois que, de la même manière que pour l'installation des hydroliennes, en cas de relevage d'une machine et de transport jusqu'à Cherbourg, l'opération sera réalisée par un navire et non pas un remorqueur.

Ainsi, le changement de technologie pouvait principalement avoir une incidence sur le :

- Le risque de collision des mammifères marins avec les hydroliennes ;
- La perturbation des mammifères marins par les nuisances sonores produites par les hydroliennes
- Le risque de collision des oiseaux.

Les expertises réalisées dans le cadre de cet examen au cas par cas ont montré que le changement de technologie des hydroliennes aura des incidences minimales sur le risque de collision des mammifères marins et des oiseaux avec les hydroliennes. De la même manière, le changement de technologie ne génère pas d'impact plus important sur les nuisances sonores pouvant perturber les mammifères marins.

Eu égard à l'ensemble de ces éléments, nous pouvons considérer que le changement de technologie n'aura pas d'incidences, lors de l'exploitation du projet sur les niveaux d'impacts estimés dans l'étude d'impact relative au projet Normandie Hydro (EDF-EN, 2015).

### 5.3 LES IMPACTS EN PHASE DE DEMANTELEMENT

De la même manière que pour le projet Normandie Hydro, les effets du projet lors de la phase de démantèlement du parc sont pour l'essentiel similaires à ceux décrits pour la phase d'installation. Lors du démantèlement, le maître d'ouvrage s'assurera de la remise en état du site. Les modalités de démantèlement du site seront appréciées en concertation avec les autorités en charge afin de prendre en compte les enjeux environnementaux associés à la démobilisation complète des infrastructures. L'ensemble des matériaux démobilisés seront valorisés ou évacués dans les filières adaptées, dans les conditions réglementaires du moment.

#### 5.3.1 Les impacts sur le milieu physique

La méthodologie des travaux de démantèlement étant relativement similaire entre le projet Normandie Hydro et le projet FloWatt, les impacts sur le milieu physique en phase de démantèlement sont considérés de même niveau.

Thématique	Type d'effet	Niveau d'impact du projet Normandie Hydro	Niveau d'impact du projet Flowatt
Géologie	Modification du substratum au niveau du forage dirigé	Faible	Faible
Morphologie des fonds	Modification locale et temporaire de la morphologie et de la nature des fonds, lors de l'opération de désensouillage du câble maritime d'export et du retrait des protections externes du câble.	Faible	Faible
Agents hydrodynamiques	Perturbation éventuelle très locale des courants et de l'agitation	Négligeable voire nul	Négligeable voire nul
Dynamique sédimentaire et évolution du trait de côte	Pas de modification des agents hydrodynamiques, pas de modification de la dynamique à sédimentaire ni du trait de côte	Nul	Nul
Qualité des eaux	Augmentation de la turbidité	Nul	Nul
	Remise en suspension de		
Qualité des sédiments	Sédiments exempts de contamination		
Environnement sonore aérien	Augmentation du bruit lié au trafic des navires	Faible	Faible
Environnement sonore sous-marin	Augmentation du bruit lié au trafic des navires	Faible	Faible
	Augmentation du bruit lié au désensouillage du câble		
Champ électromagnétique	Pas d'effet en phase de démantèlement	Nul	Nul

**TABLEAU 45 : ANALYSE COMPARATIVE DES IMPACTS SUR LE MILIEU PHYSIQUE EN PHASE DE DEMANTELEMENT ENTRE LE PROJET NORMANDIE HYDRO ET LE PROJET FLOWATT**

### 5.3.2 Les impacts sur le milieu biologique

De la même manière que pour le milieu physique, la méthodologie des travaux de démantèlement étant relativement similaire entre les deux projets, les impacts sur le milieu biologique en phase de démantèlement sont considérés de même niveau.

Thématique	Type d'effet	Niveau d'impact du projet Normandie Hydro	Niveau d'impact du projet Flowatt
Biocénoses planctoniques	Perturbation liée à la remise en suspension des sédiments	Négligeable	Négligeable
Habitats benthiques	Opérations de désensouillage du câble maritime d'export Modification des habitats lors du retrait des structures en mer (hydroliennes et leur fondation, protections externes) Retour aux substrats d'origine au niveau des structures relevées.	Moyen	Moyen
Espèces benthiques (ou démersales)	<b>Destruction directe – Impact légèrement moins important pour le projet FloWatt du fait du positionnement dynamique des navires évitant ainsi un ancrage sur le fond et donc une altération des espèces benthiques</b>	Faible	Faible
	Perturbation par remise en suspension de sédiments		
	Perturbation liée aux nuisances sonores et vibrations		
Ressource halieutique pélagique	Perturbation par remise en suspension de sédiments	Faible	Faible
	Perturbation liée aux nuisances sonores		
Mammifères marins	Perturbation liée à l'augmentation du bruit sous-marin	Négligeable à Faible selon les espèces	Négligeable à Faible selon les espèces
	Perturbation liée à une remise en suspension de sédiments (modification des habitats)		
	Risque de collision avec les navires présents sur zone		
Avifaune	Perturbation liée à l'augmentation de bruit aérien	Négligeable pour oiseaux marins  Faible pour oiseaux nicheurs de l'estran	Négligeable pour oiseaux marins  Faible pour oiseaux nicheurs de l'estran
	Perturbation liée à l'augmentation de bruit sous-marin		
	Gêne pour la localisation des proies liée à la remise en suspension de sédiments pour les oiseaux plongeurs		
	Dérangement des oiseaux littoraux nicheurs de l'estran lors du retrait du câble sur la zone d'atterrage		

**TABLEAU 46 : ANALYSE COMPARATIVE DES IMPACTS SUR LE MILIEU BIOLOGIQUE EN PHASE DE DEMANTELEMENT ENTRE LE PROJET NORMANDIE HYDRO ET LE PROJET FLOWATT**

Les impacts sur les habitats benthiques seront légèrement inférieurs, et ce principalement du fait que les navires d'installation sont équipés du système à positionnement dynamique, évitant ainsi l'ancrage sur le fond ; le niveau d'impact est considéré de même niveau.

### 5.3.3 Les impacts sur le patrimoine écologique, paysager et culturel

Les impacts sur le patrimoine écologique, paysager et culturel sont également du même ordre de grandeur entre le projet Normandie Hydro et le projet FloWatt.

Thématique	Type d'effet	Niveau d'impact du projet Normandie Hydro	Niveau d'impact du projet Flowatt
Patrimoine écologique	Perturbation des habitats sur tracé de câble traversant les ZNIEFF	Négligeable	Négligeable
Paysage	Présence d'engins de chantier en mer et sur le parking de l'arrière-plage durant les travaux de démantèlement du parc pilote	Faible	Faible
Patrimoine culturel	-	Nul	Nul

**TABLEAU 47 : ANALYSE COMPARATIVE DES IMPACTS SUR LE PATRIMOINE ECOLOGIQUE, PAYSAGER ET CULTUREL EN PHASE DE DEMANTELEMENT ENTRE LE PROJET NORMANDIE HYDRO ET LE PROJET FLOWATT**

### 5.3.4 Les impacts sur le milieu humain

De la même manière que pour les autres compartiments, les impacts sur le milieu humain sont relativement similaires entre les deux projets. Ainsi, la différence des moyens nautiques (navires pour le projet HydroQuest contre barge/remorqueur pour le projet Normandie Hydro) ne génère pas de surrisque lié à la navigation lors de la dépose des hydroliennes.

Thématique	Type d'effet	Niveau d'impact du projet Normandie Hydro	Niveau d'impact du projet Flowatt
Navigation maritime	Site d'implantation en dehors des principales routes empruntées par les cargos et navires de commerce. Un périmètre de sécurité sera établi autour des zones de travaux. Un AVURNAV indiquera la période, la position et la nature des travaux.	Faible	Faible
Zones maritimes réglementées	Aucune zone réglementée sur la zone de travaux. Possible perturbation temporaire de l'axe d'entrée au port de Goury.	Négligeable	Négligeable
Sécurité maritime	Travail de coordination pour assurer la sécurité maritime par les acteurs de concernés : un périmètre de sécurité sera établi autour des zones de travaux de démantèlement. <b>Intervention plus limitée du fait de la mise en œuvre du système wet-mate</b>	Négligeable	Négligeable
Activité de pêche professionnelle	Pêche interdite dans et aux abords de la zone de travaux. Navigation perturbée. Activités de pêche à nouveau possible dans la zone d'implantation des hydroliennes une fois le démantèlement terminé. <b>Intervention plus limitée du fait de la mise en œuvre du système wet-mate</b>	Faible	Faible
Activités de tourisme et de loisirs (maritimes et côtières)	Navigation perturbée liée au périmètre d'interdiction autour de la zone de travaux Interdiction d'accès aux zones de chantier pendant les travaux. Gêne potentielle des activités de tourisme et de loisirs. <b>Intervention plus limitée du fait de la mise en œuvre du système wet-mate</b>	Faible	Faible
Santé humaine	Risque lié à la détérioration de la qualité des eaux	Moyen	Moyen
	Risque lié à la détérioration de la qualité de l'air		
	Risque lié aux nuisances sonores		

TABLEAU 48 : ANALYSE COMPARATIVE DES IMPACTS SUR LE MILIEU HUMAIN EN PHASE DE DEMANTELEMENT ENTRE LE PROJET NORMANDIE HYDRO ET LE PROJET FLOWATT

### 5.3.5 Synthèse des impacts en phase démantèlement

Les impacts en phase de démantèlement seront du même ordre pour le projet FloWatt que ceux identifiés pour le projet Normandie Hydro. Notons tout de même un effet légèrement moins important sur les habitats benthiques pour le projet FloWatt du fait du positionnement dynamique des navires.



## 6 LES MESURES ERC

### 6.1 LES MESURES D'ÉVITEMENT

Le projet Normandie Hydro comportait une mesure d'évitement qui concerne le milieu maritime<sup>20</sup>. Cette mesure (ME1) repose sur le fait de mettre en œuvre un forage dirigé lors de l'atterrage du câble sous-marin Baie d'Ecalgrain. Cette technique sera également utilisée pour le projet FloWatt ; la mesure ME1 est donc maintenue.

Mesure d'évitement	Thématiques concernées	Objectif(s) de la mesure	Coût
ME1	Paysage Habitats benthiques Merlon littoral Avifaune	Éviter les impacts écologiques sur l'estran, sur la zone littorale et la zone de transition halophile.  Éviter l'impact paysager au niveau des affleurements rocheux de la zone d'atterrage	Entre 550 000 € et 750 000 €

TABLEAU 49 : MESURE D'ÉVITEMENT MISE EN PLACE POUR LE PROJET NORMANDIE HYDRO ET RECONDUITE POUR LE PROJET FLOWATT (EDF, 2015)

### 6.2 LES MESURES DE RÉDUCTION

Dans le cadre du projet Normandie Hydro, quatre mesures de réduction, concernant la partie maritime<sup>21</sup> du projet, étaient prévues. Notons que ces mesures avaient été intégrées à l'évaluation des impacts.

Mesure de réduction	Compartiments concernés	Phase du projet	Objectif de la mesure	Coût
MR1 : Localisation de la zone d'implantation du parc	Pêche professionnelle	Développement	Réduire la gêne occasionnée par la présence du parc sur l'activité de pêche professionnelle	Intégré aux coûts d'investissement
MR2 : Disposition des hydroliennes et emprise de la zone de concession.	Pêche professionnelle/ Sécurité maritime	Développement	Limiter l'emprise de la zone de concession.  Réduire les gênes occasionnées pour contourner la zone lors de la pose de casiers à grands crustacés	Intégré aux coûts d'investissement
MR3 : Mesures spécifiques relatives à la sécurité maritime	Navigation et sécurité maritime	Construction/Exploitation/Démantèlement	Assurer la sécurité maritime à proximité des zones de chantier.  Assurer la sécurité de la navigation maritime au sein et aux abords du parc pilote	À préciser lors de la passation des marchés travaux et dans le cadre des arrêtés spécifiques

<sup>20</sup> Le projet porté par EDF comportait également deux mesures d'évitement relatives au milieu terrestre :

- ME2 : Modification du tracé terrestre du câble pour utiliser préférentiellement les infrastructures routières et zones déjà urbanisées.
- ME3 : Intégration paysagère du poste de livraison électrique terrestre

<sup>21</sup> Le projet Normandie Hydro comportait également une mesure de réduction pour la partie terrestre :

- MR5 : Mesures relatives à la sécurité du chantier terrestre

MR4 : Adaptation de la période de travaux de pose de la liaison terrestre et d'atterrage	Fréquentation touristique	Construction	Limiter l'effet des travaux sur la fréquentation touristique de la baie d'Ecalgrain	Intégré aux coûts de réalisation
--	---------------------------	--------------	---	----------------------------------

**TABLEAU 50 : MESURES DE REDUCTION DU PROJET NORMANDIE HYDRO, RECONDUITES POUR LE PROJET FLOWATT (EDF, 2015)**

**L'ensemble de ces mesures seront reconduites pour le projet FloWatt.**

### 6.3 LES MESURES DE SUIVIS

Dans le cadre du projet concédé cinq mesures de suivis étaient envisagées :

Mesures	Objectifs et Mise en œuvre	Périodicité	Coût
Su1 : Suivi bio-sédimentaire	<p>Évaluer les impacts sur les peuplements benthiques</p> <p>Le suivi biosédimentaire sera réalisé :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Au niveau du parc pilote situé sur fonds rocheux.</li> <li>➤ Le long du câble de raccordement maritime.</li> </ul>	<p>Le protocole de cette mesure de suivi s'appuie sur le principe BACI</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 1 campagne de mesures un an avant le début des travaux pour établir un état de référence</li> <li>➤ 1 campagne 1 an après la mise en service</li> <li>➤ Contrôle à 5 ans après la mise en service.</li> </ul>	<p>Environ 40 000 € HT/campagne, soit un total d'environ, 120 000 € HT</p>
Su2 : Suivi du biofouling	<p>Apprécier la colonisation de différentes parties de l'hydrolienne organismes marins.</p> <p>Observations et prélèvements sur quadrats placés sur différentes parties de l'hydrolienne.</p>	<p>Tous les 5 ans, lors du relevage des hydroliennes dans le cadre de leur maintenance courante</p> <p>En cas de relevage d'une machine pour une opération de maintenance exceptionnelle, une analyse du biofouling pourra également être réalisée.</p>	<p>20 000 € HT</p>
Su3 : Suivi de la ressource halieutique	<p>Évaluer les modifications de composition, de répartition et de comportements des crustacés d'intérêt halieutique à proximité du parc et au niveau du câble d'export.</p>	<p>Le suivi halieutique comprendra :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 2 ans de suivi avant la phase de construction pour établir un état de référence (E0), réalisé sur plusieurs campagnes saisonnières ;</li> <li>➤ 2 ans de suivi post-construction, réalisé sur les campagnes saisonnières annuelles, afin d'évaluer les effets de la construction et de l'exploitation ;</li> <li>➤ Contrôle à 5 ans après la mise en service</li> </ul>	<p>Campagne halieutique : 50 000 € HT/an, soit un total d'environ 250 000 € HT</p>
Su4 : Suivi du bruit sous-marin et des mammifères marins	<p>Réaliser un état de référence du bruit sous-marin.</p> <p>Caractériser l'émergence acoustique liée aux travaux et aux hydroliennes en fonctionnement.</p> <p>Suivre la fréquentation du site par les mammifères marins.</p> <p>Réalisation d'un suivi du bruit sous-marin ambiant et de la présence de mammifères marins par acoustique passive (état de référence et phase d'exploitation) et par mesures embarquées (phases travaux).</p>	<p>Le protocole de cette mesure de suivi s'appuie sur le principe BACI :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 1 campagne de mesures avant le début des travaux, pour avoir un état initial de référence du bruit sous-marin ambiant ;</li> <li>➤ 1 campagne durant les travaux d'installation ;</li> <li>➤ Suivi durant les deux premières années d'exploitation du parc : une campagne par an, d'une durée d'1 à 2 semaines chacune.</li> </ul>	<p>Environ 50 000 € HT/campagne, soit un total de 200 000 € HT</p>
Su5 : Mesure de suivi préliminaire	<p>Vérifier l'absence de limicoles en nidification sur le secteur avant le début des travaux d'atterrage du câble d'export.</p>	<p>Une prospection sera assurée avant et pendant les travaux d'atterrage. Elle permettra de vérifier l'absence de limicoles en nidification sur le secteur avant le début des travaux d'atterrage du câble d'export et ainsi d'éviter leur dérangement par le personnel intervenant sur site.</p>	<p>Entre 750 et 1 000 € HT pour une prospection</p>

**TABLEAU 51 : MESURES DE SUIVI DU PROJET NORMANDIE HYDRO, RECONDUITES POUR LE PROJET FLOWATT (D'APRES EDF, 2015)**

L'ensemble de ces mesures de suivis seront reconduites pour le projet FloWatt.

## 6.4 NECESSITE DE MESURES COMPLEMENTAIRES

L'analyse des impacts relatifs au projet FloWatt a montré qu'aucun impact plus important n'était attendu par rapport au projet Normandie Hydro. Eu égard à ce constat et au fait que le porteur du projet Normandie Hydro (EDF-EN) avait prévu dans son étude d'impact les mesures suffisantes pour éviter, réduire et suivre les impacts potentiels du projet, le porteur du projet FloWatt ne considère pas nécessaire de proposer de mesures supplémentaires.

## 7 CONCLUSION GENERALE

**Les 2 projets portés par EDF-EN et HydroQuest présentent bon nombre de similitudes :**

- L'emprise de la concession sur le DPM,
- Le nombre d'hydrolienne est de 7 pour les 2 projets
- L'emprise horizontale des machines sur les fonds marins

Cependant, quelques différences apparaissent d'où l'utilité de réaliser des études complémentaires sur les effets potentiels sur l'environnement :

- La méthode de déploiement présente des différences (moyens nautiques lors du déploiement et de la maintenance des machines, méthode de connexion des câbles électriques (boîtiers « Wet Mate » à connexion humide)
- L'emprise verticale des machines

**En phase d'installation, en particulier, les impacts entre les 2 projets sont du même ordre.**

Les deux principales différences dans la phase d'installation des hydroliennes entre le projet Normandie Hydro et le projet FloWatt relèvent des deux points suivants :

- Utilisation d'un navire équipé du système à positionnement dynamique en lieu et place d'une barge et d'un remorqueur devant s'ancrer sur zone ;
- Utilisation du système « Wet Mate » ou « connexion en eau » en lieu et place du système « Dry-Mate » ou « connexion hors d'eau » (en l'occurrence sur un navire).

Ces différences de mise en œuvre n'engendrent pas d'accroissement des impacts, ces derniers pourraient être même considérés légèrement inférieurs :

- Pas d'ancrage sur le fond et donc perturbation moindre des habitats benthiques ;
- Limitation des interventions du fait du système de connexion en eau.

**En phase d'exploitation, en particulier, les impacts entre les 2 projets sont du même ordre.**

La principale différence entre le projet FloWatt et le projet Normandie Hydro repose sur la différence de technologie. Outre ce point, certes très important, les modalités d'exploitation seront relativement identiques (approximativement le même nombre d'interventions). Notons toutefois que, de la même manière que pour l'installation des hydroliennes, en cas de relevage d'une machine et de transport jusqu'à Cherbourg, l'opération sera réalisée par un navire et non pas un remorqueur.

Ainsi, le changement de technologie pouvait principalement avoir une incidence sur le :

- **Le risque de collision des mammifères marins avec les hydroliennes ;**  
L'étude du surrisque potentiel de collision, effectuée dans le cadre du présent examen au cas par cas, met donc en évidence que malgré l'emprise verticale plus importante du projet FloWatt, le surrisque de collision est très limitée.
- **La perturbation des mammifères marins par les nuisances sonores produites par les hydroliennes**  
Les résultats de l'étude acoustique (Sinay, 2021a), menée dans le présent cas par cas, montrent donc que l'empreinte acoustique des hydroliennes sera limitée ; le bruit ambiant de la zone couvre ainsi le bruit généré par les hydroliennes à une distance relativement faible (50 m). Le changement de technologie n'aura pas d'impact supplémentaire sur l'environnement acoustique de la zone de projet ; le niveau d'impact reste de niveau faible.
- **Le risque de collision des oiseaux.**

L'étude du surrisque potentiel de collision, effectuée dans le cadre du présent examen au cas par cas, met donc en évidence que malgré l'emprise horizontale de la plate-forme (plaque du haut) plus importante du projet FloWatt, le sur risque de collision avec les oiseaux marin est très limité.

- **Le risque de pollution des eaux avec les anodes sacrificielles**

Étant donné que des masses d'anodes plus importantes semblent avoir été envisagées pour l'hydrolienne OpenHydro du projet Normandie Hydro, à conditions environnementales égales (marée, courant, etc...) la quantité d'anodes relarguée et concentrée dans l'environnement sera probablement plus faible pour le projet FloWatt. En ce qui concerne le niveau d'impact sur la qualité de l'eau liée aux anodes sacrificielles, celui avait été estimé de négligeable pour le projet Normandie Hydro (cf. Tableau 10 page 41). Pour le projet FloWatt, les impacts sur la qualité de l'eau seront légèrement inférieurs, mais restent du même niveau (négligeable).

Les expertises réalisées dans le cadre de cet examen au cas par cas ont montré que le changement de technologie des hydroliennes aura des incidences minimales sur le risque de collision des mammifères marins et des oiseaux avec les hydroliennes. De la même manière, le changement de technologie de génère pas d'impact plus important sur les nuisances sonores pouvant perturber les mammifères marins.

Eu égard à l'ensemble de ces éléments, nous pouvons considérer que le changement de technologie n'aura pas d'incidences, lors de l'exploitation du projet sur les niveaux d'impacts estimés dans l'étude d'impact relative au projet Normandie Hydro (EDF-EN, 2015).

**En phase démantèlement, en particulier, les impacts entre les 2 projets sont du même ordre.**

Les impacts en phase de démantèlement seront du même ordre pour le projet FloWatt que ceux identifiés pour le projet Normandie Hydro. Notons tout de même un effet légèrement moins important sur les habitats benthiques pour le projet FloWatt du fait du positionnement dynamique des navires.

Du fait de l'ensemble des éléments précités, il n'est pas nécessaire de proposer de mesures supplémentaires. HydroQuest considère :

- qu'il n'y a pas de changement substantiel dans le nouveau projet, l'analyse des impacts l'a confirmé ;
- que l'étude d'impact déjà réalisée est suffisante avec les compléments d'étude apportés pour le projet FloWatt et qu'une nouvelle autorisation environnementale n'est pas nécessaire.

## 8 BIBLIOGRAPHIE

- EDF-EN, Novembre 2015. PROJET NORMANDIE HYDRO- Parc hydrolien pilote et son raccordement électrique – Dossier de demande de Concession d’utilisation du domaine public maritime.
- EDF-EN – ERDF, 2015. PROJET NORMANDIE HYDRO- Parc hydrolien pilote et son raccordement électrique - ETUDE D’IMPACT ENVIRONNEMENTAL - Fascicule A. 90 pages.
- EDF-EN – ERDF, 2015. PROJET NORMANDIE HYDRO- Parc hydrolien pilote et son raccordement électrique - ETUDE D’IMPACT ENVIRONNEMENTAL - Fascicule B.
- Sinay 2021 b. Synthèse bibliographiques Mammifère marin. 37 pages.
- Institut de la Corrosion, 2021. Estimation de la quantité d’aluminium d’anode relarguée par un champ hydrolien dans la zone du raz Blanchard. 21 pages.
- Institut de la Corrosion, 2021. Estimation de la quantité d’aluminium d’anode relarguée par un champ hydrolien dans la zone du raz Blanchard. 21 pages.
- Sinay 2021 a. État initial du bruit ambiant sur la zone d’étude Du Raz Blanchard. 51 pages.
- Sinay 2021 a. Étude des effets acoustiques du projet Parc hydrolien Normandie Hydro. 26 pages.
- Taormina B., Quillien N., Lejart M., Carlier A., Desroy N., Laurans M., D’Eu J.-F., Reynaud M., Perignon Y., Erussard H., Derrien-Courtel S., Le Gal A., Derrien R., Jolivet A., Chauvaud S., Degret V., Saffroy D., Pagot J.-P. et Barillier A. Caractérisation des impacts potentiels des câbles électriques sous-marins associés aux projets d’énergies marines renouvelables. Plouzané : France Energies Marines Editions, 2020, 74 pages

## 9 ANNEXES

ANNEXE 1 : KBIS DE LA SOCIETE PARC HYDROLIEN NORMANDIE HYDRO

ANNEXE 2 : SINAY 2021 A. ÉTAT INITIAL DU BRUIT AMBIANT SUR LA ZONE D'ETUDE DU RAZ BLANCHARD

ANNEXE 3 : SINAY 2021 A. ÉTUDE DES EFFETS ACOUSTIQUES DU PROJET PARC HYDROLIEN NORMANDIE

ANNEXE 4 : INSTITUT DE LA CORROSION, 2021. ESTIMATION DE LA QUANTITE D'ALUMINIUM D'ANODE RELARGUEE PAR UN CHAMP HYDROLIEN DANS LA ZONE DU RAZ BLANCHARD

ANNEXE 5 : SINAY 2021 B. SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUES MAMMIFERE MARIN

ANNEXE 6 : GONM 2021 B. SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUES AVIFAUNE MARINE

ANNEXE 7 : ARRETES PREFECTORAUX ET CONVENTION DU DPM