

T1.6.6 Produit livrable :

**Mise à jour du modèle de
développement et
d'optimisation du réseau
MeyGen résultant des récents
travaux sur le terrain et des
incidences sur les sites du Raz
Blanchard**

V1

Juin 2023

Financement

Ce travail a été réalisé dans le cadre du projet TIGER (Tidal Stream Industry Energiser) et a été cofinancé par le Fonds européen de développement régional par l'intermédiaire du programme Interreg France (Manche) Angleterre.

Historique du document

Révision	Date	Description	Origine par	Examiné par	Approuvé par
1	Juin 2023	Finale	SA	DB	DB

Clause de non-responsabilité

Les informations, analyses et recommandations contenues dans ce rapport de Normandie Hydroliennes Les informations, analyses et recommandations contenues dans ce rapport de l'Offshore Renewable Energy Catapult sont données à titre d'information générale. Bien que nous nous efforcions de veiller à ce que les informations soient exactes, à jour et fournies en toute bonne foi, toutes les informations sont fournies « en l'état » sur la base des informations fournies par le propriétaire de la technologie au moment de la rédaction du rapport. Offshore Renewable Energy Catapult ne garantit pas l'exhaustivité des informations. Elle ne fait aucune déclaration ni ne donne aucune garantie, expresse ou implicite, quant à l'exactitude ou à la fiabilité des informations et à leur adéquation à un usage particulier. Toute confiance accordée à ces informations est à vos propres risques, et en aucun cas Offshore Renewable Energy Catapult ne sera pas tenu responsable de toute perte ou de tout dommage, y compris, mais sans s'y limiter, les dommages indirects ou consécutifs ou toute perte ou tout dommage quel qu'il soit résultant de la confiance accordée à ces informations. En aucun cas Offshore Renewable Energy Catapult, ni aucun de ses employés, affiliés, partenaires ou agents, ne sera responsable envers vous ou toute autre personne de toute décision prise ou action entreprise sur la base des informations contenues dans ce rapport, même si elle a été informée de la possibilité de tels dommages.

Ce rapport et son contenu sont confidentiels et ne peuvent pas être modifiés, reproduits ou distribués en tout ou en partie sans l'accord écrit préalable de Normandie Hydroliennes.

Contenu

1	Introduction	1
---	--------------	---

1 Introduction

Le rapport « MEY-21-2-REP-002-F-Meygen & Raz Blanchard Array Development And Model Optimisation_Rev2 » ci-dessous résume les mises à jour du modèle de développement/optimisation de réseau MeyGen résultant du travail de terrain et de l'analyse des données de flux haute-fidélité entrepris sur le site MeyGen en 2022-2023 (comme indiqué dans T1.6.6 – « MEY-21-2- REP-001-F-MeyGen- 2022 Field Work Analysis Report »), ainsi que l'apprentissage connexe et les répercussions (le cas échéant) sur le développement du site de Raz Blanchard.

Ce travail a été entrepris dans le cadre du projet TIGER afin d'intégrer les mesures de terrain prises à MeyGen avec le modèle de développement et d'optimisation du réseau de courant de marée de MeyGen puis d'appliquer les enseignements tirés au développement en cours du site du Raz Blanchard (lui-même soutenu par TIGER).

Comme les modèles de développement et d'optimisation des réseaux pour l'hydrolien sont relativement rares, ce travail a été d'un grand intérêt pour Normandie Hydroliennes pour développer son projet d'hydrolien au Raz Blanchard, en France, ainsi que pour le secteur de l'hydrolien en général.

Normandie Hydroliennes espère que cette publication aidera l'ensemble de la filière hydrolienne à développer des réseaux à plus grande échelle.



Rapport sur le développement du réseau MeyGen / mises à jour du modèle d'optimisation résultant des récents travaux sur le terrain et impacts sur les sites du Raz Blanchard

Ce rapport technique résume les mises à jour du modèle de développement et d'optimisation du réseau MeyGen résultant du travail sur le terrain et de l'analyse des données d'écoulement haute-fidélité entrepris sur le site MeyGen en 2022-2023, ainsi que l'apprentissage et les impacts connexes (le cas échéant) sur le développement du site du Raz Blanchard.

F. Johnson & S. Allsop

Pour diffusion publique via TIGER

Auteur : F. Johnson & S. Allsop	Document No : MEY-21-2-REP-002-F-Meygen & Raz Blanchard Array Development And Model Optimisation.Docx	Révision : 2
Titre du document : Rapport sur les mises à jour du modèle de développement et d'optimisation du réseau MeyGen résultant des récents travaux sur le terrain et des incidences sur le Raz Sites de Blanchard		



Historique et statut du document

Révision	Approuvé par (en interne)	Date d'approbation	Date d'émission	Commentaire
1	D. Taaffe	28/03/2023	28/03/2023	Première version pour commentaires de l'OREC
2	D. Taaffe	16/06/2023	16/06/2023	Finale

26 Dublin Street,
Edinburgh,
Royaume-Uni,
EH3 6NN
www.meygen.com

Contenu

1	INTRODUCTION.....	2
2	INTÉGRATION DES MESURES SUR LE TERRAIN AVEC LE DÉVELOPPEMENT DU RÉSEAU / MODÈLE D'OPTIMISATION POUR MEYGEN.....	3
2.1	Conclusions sommaires du travail sur le terrain	3
2.1.1	Turbulences.....	3
2.1.2	Développement et dissipation du sillage.....	3
2.1.3	Corrélation entre les données VMADCP des escales et les données SMADCP.....	3
2.2	Modèle de développement et d'optimisation des réseaux de MeyGen	4
2.2.1	Aperçu du modèle de développement et d'optimisation des réseaux MeyGen ...	4
2.2.2	Ressources hydroliennes et intégration des mesures sur le terrain	5
2.2.2.1	Perturbations des ressources hydroliennes de base	5
2.2.2.2	Ressources hydroliennes non perturbée (ligne de base)	5
3	APPLICATION DE L'APPRENTISSAGE AU DÉVELOPPEMENT DU SITE DE RAZ BLANCHARD	7
3.1	Description du projet NH1	7
3.1.1	Emplacement du réseau	7
3.1.2	Disposition du réseau	7
3.1.3	Campagne du SMADCP	8
3.2	Applications des enseignements tirés de MeyGen.....	8
3.2.1	Évaluation des ressources de base.....	8
3.2.2	Perturbation des ressources hydroliennes de base	9

Abréviations

ADCP	Profileur de courant acoustique à effet Doppler
SMADCP	ADCP monté sur le fond marin
TMADCP	ADCP monté sur turbine
VMADCP	ADCP monté sur le navire
CEI	Commission électrotechnique internationale
LAT	Marée astronomique la plus basse
mab	Mètres au-dessus du niveau de la mer

1 INTRODUCTION

Ce rapport technique résume les mises à jour du modèle de développement et d'optimisation du réseau MeyGen résultant des travaux sur le terrain et de l'analyse des données d'écoulement haute-fidélité entrepris sur le site MeyGen en 2022-2023, ainsi que les enseignements et les impacts connexes (le cas échéant) sur le développement du site du Raz Blanchard.

Ce travail a notamment consisté à

- Intégration des mesures de terrain dans le modèle de développement et d'optimisation des réseaux pour le site de MeyGen.
- L'application de l'apprentissage à un modèle Raz Blanchard global pour fournir une « vérification de sens » pour la capacité installée et les chiffres GWh qui sous-tendent l'analyse de rentabilité du développement de Normandie Hydroliennes.

La section 2 décrit l'intégration des mesures sur le terrain, telles qu'elles ont été décrites dans le document « MEY-21-2-REP-001-F-MeyGen- 2022 Field Work Analysis Report », avec le modèle de développement et d'optimisation des réseaux pour le site de MeyGen.

La section 3 décrit l'application des enseignements de la section 2 au développement du site du Raz Blanchard, tel qu'il est perçu par Normandie Hydroliennes.

2 INTÉGRATION DES MESURES SUR LE TERRAIN AVEC LE DÉVELOPPEMENT DES RÉSEAUX / MODÈLE D'OPTIMISATION POUR MEYGEN

Le document « MEY-21-2-REP-001-F-MeyGen- 2022 Field Work Analysis Report » décrit le travail de terrain et l'analyse des données entrepris sur le site de MeyGen en 2022-2023, et ce détail n'est pas répété dans le présent document.

Cependant, la section 2.1 présente les principales conclusions du travail sur le terrain reprises pour permettre l'intégration des mesures sur le terrain dans le modèle de développement et d'optimisation des réseaux pour le MeyGen.

2.1 Conclusions sommaires du travail sur le terrain

Les principales conclusions des travaux sur le terrain en 2022-2023 décrites dans le document « MEY-21-2-REP-001-F-MeyGen- 2022 Field Work Analysis Report » sont les suivantes :

2.1.1 Turbulences

- Une analyse détaillée de la turbulence à l'emplacement du SMADCP a été entreprise, y compris la suppression des données lorsque la vague $H_{m0} > 0,5$ m pour permettre de clarifier les différences dans les paramètres de turbulence et de démontrer l'importance de l'évaluation de la turbulence dans des conditions calmes.
- L'intensité de la turbulence (TI) a également été calculée à l'aide de la méthode des 4 faisceaux, afin de démontrer les différences que l'on peut attendre entre l'application d'un ADCP à 4 faisceaux et celle d'un ADCP à 5 faisceaux. La méthode des 4 faisceaux conduit à une surestimation de l'IT dans les directions horizontales, avec divers décalages qui varient en fonction de la distance au-dessus du fond marin, l'IT étant généralement évaluée comme étant supérieure d'environ 20 à 25 % lorsque l'on utilise l'approche des 4 faisceaux.
- L'énergie cinétique turbulente (TKE) a aussi été évaluée de manière similaire, ce qui a montré que la méthode des 4 poutres surestime la TKE d'environ 25 à 50 % en fonction de la hauteur au-dessus du fond marin.
- Lorsque les données ne sont disponibles que grâce à des ADCP à 4 faisceaux, cela suggère que les données TI et TKE résultantes sont probablement trop élevées d'environ 25 % (avec les implications qui en découlent pour le conservatisme de la conception).

2.1.2 Développement du sillage et dissipation

- Diverses mesures des sillages des turbines opérationnelles de MeyGen de 18 m et de 1,5 MW ont été effectuées, notamment des dérives, des remontées, des transects répétés à des distances allant de $-4D$ à $+14D$ (D étant le diamètre de la turbine et positif étant en aval de la turbine) et des escales¹, afin de mieux comprendre le développement et la dissipation des sillages. Certaines de ces mesures ont été effectuées alors que les turbines passaient d'un état opérationnel à un état non opérationnel.
- Les mesures de dérive et de remontée n'ont pas toujours été concluantes, mais montrent que certains impacts de sillage significatifs se poursuivent jusqu'à environ $10D$.
- Des transects répétés (chaque transect a été répété 5 fois pour obtenir des résultats satisfaisants), en particulier lorsque les turbines sont passées d'un état opérationnel à un état non opérationnel pour accentuer les différences, ont montré des réductions de vitesse dans le sillage jusqu'à environ $9D$ en marée montante et jusqu'à environ $11D$ en marée descendante. On s'attend à ce que les différences soient liées aux différents niveaux de turbulence sous-jacente (la turbulence étant plus importante à marée montante).

- Environ 10 % de la vitesse moyenne en profondeur pondérée par la puissance sur la zone prévue du disque du rotor étaient potentiellement réduits par les mesures en escale, tandis que 5 % étaient réduits à +14D. Cependant, il a été noté que ces faibles valeurs sont proches des incertitudes de la méthode.

2.1.3 Corrélation entre les données VMADCP en escale et les données SMADCP

- Une nouvelle approche consiste à utiliser les données VMADCP collectées lors des arrêts (d'environ 5-7 minutes) toutes les heures pendant un cycle de marée d'environ 12 heures à l'emplacement d'une future turbine proposée et à corréler les données VMADCP avec les données SMADCP.
- Une hypothèse a été émise pour comparer les données d'escale obtenues et les données collectées simultanément par le SMADCP voisin, déployé durant plus de 35 jours, afin de surmonter les problèmes pratiques liés à la mise en application des approches normalisées de l'industrie dans le cadre de la norme CEI TS 62600-201².
- L'approche a été initialement développée sur la base d'une analyse des mesures existantes et d'une modélisation hydrodynamique du site de MeyGen.
- La méthode a d'abord été testée pour vérifier la capacité d'un navire relativement standard (non amarré, sans positionnement dynamique) à rester presque stationnaire dans les courants rapides et très turbulents du site de MeyGen, et si des données VMADCP suffisamment robustes pouvaient être collectées.
- Après le succès de ces essais pratiques, le travail d'étude principal a utilisé des escales d'environ 5-7 minutes aux emplacements potentiels des futures turbines (et au-dessus du SMADCP) toutes les heures pendant les marées de printemps. Ces données d'escale ont été mises en corrélation avec les données simultanées du SMADCP par le biais d'une analyse de régression linéaire. Cette corrélation a ensuite été utilisée pour prédire l'occurrence de l'écoulement à chaque emplacement potentiel de l'éolienne.
- Les résultats ont montré une excellente corrélation entre les amplitudes de vitesse provenant des données VMADCP à l'emplacement du SMADCP et les données SMADCP réelles. Pour la magnitude de la vitesse moyenne en profondeur pondérée par la puissance sur la surface prévue du disque du rotor (la mesure clé d'intérêt), les mesures VMADCP de la magnitude de la vitesse au niveau du SMADCP correspondent aux données SMADCP à moins de 1 % (que les mesures aient été prises en continu ou par l'approche d'arrêt d'environ 5-7 minutes), avec des valeurs R de > 0,99.
- Pour les emplacements potentiels des éoliennes à moins de 200 m du SMADCP, les valeurs R étaient en moyenne > 0,97, et supérieures à 0,95 pour les emplacements potentiels des éoliennes jusqu'à environ 500 m du SMADCP. Les valeurs R plus faibles (pour les emplacements potentiels des éoliennes à plus de 500 m du SMADCP) peuvent être davantage liées aux lignes de cisaillement dans l'écoulement qu'à la seule distance.

¹ Collecte de données quasi stationnaire durant de courtes périodes (généralement de 5 à 7 minutes).

² Énergie marine - Convertisseurs de vagues, de marées et d'autres courants marins - Partie 201 : Évaluation et caractérisation des ressources en énergie marémotrice. Édition 1.0. 2015-04. https://webstore.iec.ch/preview/info_iec62600-201%7Bed1.0%7Den.pdf

- En résumé, les résultats montrent généralement une très forte corrélation entre les magnitudes de vitesse obtenues à partir des données VMADCP aux emplacements supposés des turbines et les données SMADCP, ce qui donne une grande confiance dans l'applicabilité de la technique.

2.2 Modèle de développement et d'optimisation des réseaux de MeyGen

Les détails complets du modèle de développement et d'optimisation du réseau de MeyGen doivent rester confidentiels en raison de leur caractère intrinsèquement confidentiel et des difficultés de concurrence liées au système britannique de contrat pour la différence (Contract for Difference).

En termes généraux, cette section présente comment les mesures sur le terrain ont été intégrées au modèle de développement et d'optimisation du réseau de MeyGen. Le modèle de développement et d'optimisation du réseau de MeyGen est une combinaison de modèles hydrodynamiques, de modèles SIG, de couches et de logiciels de visualisation connexes, ainsi que de modèles MATLAB et Excel.

2.2.1 Aperçu du développement et de l'optimisation du réseau MeyGen model

Le modèle de développement et d'optimisation des réseaux de MeyGen comprend les aspects suivants :

- Autorisations (par exemple, zones offshore, littorales et terrestres autorisées et contraintes/opportunités connexes) ;
- Options de connexion au réseau (par exemple, disponibilité de la capacité, calendrier et coût) ;
- Les ressources hydroliennes (objet de l'étude décrite à la section 2.1 et discutée ci-dessous) ;
- Bathymétrie (profondeur de l'eau, dégagement du rotor de l'éolienne et diverses options de fondation, y compris les contraintes de micro-situation et le coût de l'installation) ;
- Options de turbine (par exemple, nombre, diamètre, dégagement du rotor de la turbine, puissance nominale, courbe de puissance, options de fondation, options d'architecture électrique du réseau, pertes du réseau, coût d'installation, coût d'exploitation, disponibilité, calendrier, autres contraintes).

Bien que tous ces éléments soient importants pour la réussite du projet, et que certains soient une condition absolue pour pouvoir développer une capacité hydrolienne supplémentaire à MeyGen ou ailleurs (par exemple, autorisations, réseau), les paramètres clés de développement et d'optimisation du réseau comprennent l'intensité des ressources hydroliennes et de nombreux paramètres des turbines. Les paramètres des turbines ne sont pas abordés dans ce rapport, pour des raisons de confidentialité et parce qu'ils ne sont généralement pas directement liés à l'approche utilisée pour intégrer les mesures sur le terrain.

2.2.2 Ressources hydroliennes et intégration des mesures sur le terrain

La production d'énergie attendue d'un réseau particulier est déterminée par :

- Ressources hydroliennes non perturbée (ligne de base) ;
- Perturbations des ressources hydroliennes de base dues à d'autres turbines et à des équipements auxiliaires tels que les fondations (par exemple, par le sillage des turbines et les effets de blocage local et global) ;
- Paramètres des turbines (par exemple, nombre, courbe(s) de puissance, pertes de réseau vers le réseau, disponibilité, etc.)

Comme indiqué ci-dessus, les paramètres de la turbine ne sont pas abordés dans le présent rapport. L'intégration des mesures sur le terrain avec le modèle de développement et d'optimisation du réseau est décrite en détail ci-dessous.

2.2.2.1 Perturbations des ressources hydroliennes de base

Le paramètre clé intéressant MeyGen à court terme (en termes de perturbations des ressources hydrolienne de base) est l'impact potentiel des sillages des turbines existantes et futures sur les futures turbines, car MeyGen (i) n'a pas l'intention d'utiliser les bénéfices potentiels d'un blocage local à court terme (en raison d'autres contraintes sur l'espacement très étroit des turbines), et (ii) ne s'attend pas à des effets de blocage global significatifs dans le développement à court terme du site (car l'énergie extraite restera une petite partie de l'énergie totale circulant à travers le site d'Inner Sound/MeyGen).

Par conséquent, les conclusions de la section 2.1.2 sont d'un grand intérêt pour le modèle global de développement et d'optimisation des réseaux. Le modèle a été développé sur la base de l'approche suivante :

Par conséquent, les conclusions de la section 2.1.2 sont d'un grand intérêt pour le modèle global de développement et d'optimisation des réseaux. Le modèle a été développé sur la base de l'approche suivante :

- Sur le principe de la littérature industrielle et universitaire, les itérations précédentes du modèle ont eu tendance à se concentrer sur les sillages se dissipant sur une longueur d'environ 10D (D étant le diamètre de l'éolienne), la direction du sillage étant établie sur les données du modèle hydrodynamique.
- Les sillages des turbines nouvellement définis (ensuite à ce travail) sont établis sur les directions d'écoulement déterminées à partir du travail d'étude 2022-2023, telles que mesurées par les arrêts à chaque emplacement potentiel des futures turbines, partiellement ajustées pour une courbure d'écoulement à travers le site (puisque la direction de l'écoulement varie à travers le site).
- Dans la mesure du possible, les emplacements des futures éoliennes sont déterminés en évitant totalement les sillages attendus des éoliennes actuelles et futures, la longueur de dissipation du sillage étant définie comme suit c. 12-15D sur la base des résultats décrits au point 2.1.2.
- Lorsque l'on estime que cela aboutit à une disposition trop conservatrice du réseau de turbines, une évaluation supplémentaire est effectuée pour déterminer si une exception à l'approche est justifiée dans des cas particuliers, en mettant en balance les bénéfices potentiels d'une disposition plus serrée du réseau de turbines (par exemple, à une séparation de 10D, en raison de l'accès à de meilleures ressources hydroliennes de base, de la réduction du coût du câblage, etc.

2.2.2.2 Ressources hydroliennes non perturbées (ligne de base)

Le paramètre clé qui intéresse MeyGen (concernant les ressources hydroliennes de base) est les ressources hydroliennes aux futurs emplacements potentiels des turbines. Par conséquent, les résultats des sections 2.1.1 et 2.1.3 sont d'un grand intérêt pour le modèle global de développement et d'optimisation des réseaux. Le modèle a été développé sur la base de l'approche suivante :

- Les itérations précédentes du modèle de développement et d'optimisation du réseau ont utilisé deux modèles hydrodynamiques pour définir les emplacements potentiels des futures turbines, puisque la collecte de données SMADCP sur place sur le site a été limitée à quelques emplacements seulement. Ces modèles hydrodynamiques avaient été préalablement calibrés et validés sur la base de données SMADCP antérieures.
- Ces modèles hydrodynamiques ont précédemment fourni des données sur le débit de sortie qui peuvent ensuite être manipulées pour fournir des vitesses d'écoulement moyennes du rotor, pondérées par la puissance, pour une année typique. Ces données de sortie ont été récemment corrigées par un facteur d'étalonnage supplémentaire pour correspondre aux sorties des quatre turbines déjà installées à MeyGen. Ce facteur d'étalonnage variait entre les quatre turbines, et malgré l'incertitude sur la façon dont ce facteur varie sur l'ensemble du site (loin de ces quatre turbines), un facteur moyen a pu être appliqué sur l'ensemble du site.
- Sur la base des résultats décrits dans la section 2.1.3, les données de sortie du travail d'enquête 2022-2023 et des données de sortie des deux modèles hydrodynamiques, ont été combinées avec les courbes de puissance des turbines pour obtenir trois estimations de la production annuelle d'énergie attendue (AEP) à chaque futur emplacements potentiels des turbines.
- La comparaison des résultats, comme la connaissance détaillée qu'à MeyGen des spécificités du site (pour avoir effectué de nombreuses opérations par bateau sur le site) et des emplacements potentiels des futures turbines, ont permis à MeyGen de tirer des conclusions sur laquelle des trois estimations (établies sur les données de l'étude et les deux sorties du modèle hydrodynamique) était susceptible d'être la plus précise pour chaque emplacement potentiel des futures turbines. Par exemple :
 - Pour les emplacements potentiels des futures turbines à proximité des turbines existantes où les sorties du modèle hydrodynamique ont été calibrées davantage (comme indiqué ci-dessus), les sorties du modèle hydrodynamique calibré peuvent être les plus appropriées, en particulier si ces emplacements sont éloignés du SMADCP qui sert de référence pour corrélérer les données du VMADCP.
 - Pour les emplacements potentiels des futures turbines, loin des turbines existantes, les données de l'enquête peuvent être les plus appropriées, nommément si ces emplacements sont proches du SMADCP qui sert de référence pour corrélérer les données du VMADCP.
- Sur la base des trois ensembles de données et de l'approche ci-dessus, une évaluation de haut niveau de l'incertitude attendue a été entreprise, en tenant compte des incertitudes inhérentes aux mesures ADCP et des incertitudes dans la corrélation du VMADCP à chaque emplacement potentiel des futures turbines avec les données SMADCP de référence.
- Sur la base de ce qui précède, la PEA attendue (et tout impact de sillage) a été réintégrée dans le modèle de développement et d'optimisation du réseau et utilisée pour définir plus précisément les développements futurs, comme indiqué dans la section 2.2.1.

3 APPLICATION DE L'APPRENTISSAGE AU SITE RAZ BLANCHARD DÉVELOPPEMENT

3.1 Projet NH1 description

Le réseau pilote NH1 développé par Normandie Hydroliennes (NH) sera installé dans une zone autorisée d'environ 0,2 km² (20 hectares), située à environ 3 km à l'ouest de la côte du Cap de la Hague en Normandie, France. La taille de la zone de concession permet de placer le réseau de 4 turbines dans plusieurs microsites différents. Cependant, une évaluation détaillée du site à l'aide de données bathymétriques affinées provenant d'une étude géophysique a mis en évidence des emplacements inappropriés en raison de restrictions physiques telles qu'une profondeur d'eau insuffisante et un manque de planéité du fond marin. Comme cela a été le cas lors de l'aménagement du site de MeyGen depuis sa création, cela limite l'emplacement du rotor de 24 m de diamètre proposé pour le projet.

Ce projet établira un équilibre entre la quantité d'électricité produite à partir d'un site à très haute énergie, la réduction du coût de l'énergie grâce à l'innovation et le maintien d'une grande confiance grâce à l'utilisation d'aspects fiables et testés de la technologie. Cet équilibre sera atteint tout en adoptant une approche conservatrice, dans la mesure du possible, afin de tirer des enseignements pour réduire les risques liés au développement futur des réseaux et faciliter la progression de l'aménagement du site hydrolien.

3.1.1 Emplacement du réseau

L'emplacement du réseau a été proposé à la limite nord de la zone de concession. Cette décision est principalement motivée par les éléments suivants :

- 1) La profondeur est suffisante, la plus faible étant conforme à la distance minimale entre le rotor et la LAT, telle qu'elle a été fixée dans les autorisations ;
- 2) Le fond marin est relativement plat, ce qui réduit la complexité de l'installation des fondations ;
- 3) Il est très éloigné des niveaux très variables des fonds marins identifiés au sud de la zone de concession, et donc moins affecté par les turbulences générées par cette zone pendant les marées de crue ;
- 4) Il se trouve au point le plus éloigné d'un site marémoteur voisin en cours de développement, qui se trouve à environ 1 km au sud-est du site, ce qui réduit la possibilité d'interactions mineures entre les deux projets ;
- 5) Il est situé le plus près possible du port de Cherbourg, utilisé pour mobiliser l'équipement, ce qui réduira les coûts de transit lors de l'installation des turbines et des travaux de maintenance.

Le principal inconvénient de cet emplacement est que le débit moyen y est légèrement inférieur à celui d'autres zones du site, ce qui a une incidence sur l'énergie potentielle pour l'extraction et se traduit par un rendement disponible plus faible.

3.1.2 Tableau layout

Les éoliennes proposées sont disposées en quinconce, trois d'entre elles faisant face à la marée descendante, la quatrième se trouvant plus au sud. Quatre considérations principales ont été considérées :

- 1) Réduire la superficie de l'espace autorisé afin de minimiser l'impact sur les emplacements potentiels des futures constructions ;
- 2) Pour s'assurer que la disposition et les distances entre les pointes étaient cohérentes avec celles des consentements actuels ;
- 3) Pour éviter de positionner les turbines directement dans le sillage les unes des autres ;
- 4) Évaluer les effets de l'obstruction de la première ligne de turbines sur l'accélération du flux et, par conséquent, sur l'augmentation du rendement énergétique potentiel.

Les distances requises pour l'aménagement futur du site seront révisées en fonction de la surveillance de l'environnement et des enseignements tirés du réseau pilote, ce qui permettra d'envisager des zones moins profondes et des configurations plus rapprochées. Comme il s'agit d'un premier projet pilote, un vaste programme de surveillance a été mis en place pour mieux comprendre l'environnement et les interactions avec les turbines, qui serviront à justifier les choix dans les futures demandes d'autorisation.

3.1.3 Campagne SMADCP

Une campagne de collecte de données de 2 mois entre mars et avril 2022 a été réalisée à l'aide de trois SMADCP à 5 faisceaux situés autour de l'emplacement du réseau proposé au nord de la zone de concession. Les 3 jeux de données ADCP ont été traités pour caractériser le flux moyen, les profils de cisaillement et la turbulence sur le microsite. Les données ont été extrapolées à l'aide d'une méthode d'analyse harmonique pour la durée de vie du projet, ce qui a permis de calculer le rendement attendu et d'alimenter un modèle financier du projet.

3.2 Applications des enseignements tirés de MeyGen

Il existe de très nombreux points communs entre les projets NH et MeyGen, ainsi qu'entre les sites marémoteurs du Raz Blanchard et du Pentland Firth en général. Ainsi, les leçons tirées du travail de terrain présenté dans la section 2 peuvent directement être utilisées par NH dans le développement de ses propres évaluations de développement et d'optimisation des réseaux.

3.2.1 Évaluation des ressources de base

Comme pour MeyGen, un paramètre clé intéressant NH (en termes des ressources hydroliennes de base) est les ressources hydroliennes sur les sites proposés. Comme indiqué précédemment, l'emplacement et la disposition du projet pilote NH1 ont été choisis en fonction des contraintes physiques de la bathymétrie de la zone de concession, ainsi que de la conformité à certaines exigences prédéfinies dans les autorisations initiales. Les données recueillies par les SMADCP en 2022 ont été utilisées pour caractériser les ressources hydroliennes dans la zone relativement petite du projet pilote proposé.

Les conclusions des sections 2.1.1 et 2.1.3 sont d'un grand intérêt pour la construction future de réseaux de marée sur le site du Raz Blanchard :

- La nouvelle approche de l'escale consistant à utiliser les VMADCP comme méthode très rentable de cartographie des ressources autour du site sera très probablement utilisée pour calculer la production annuelle d'énergie attendue (AEP) à chaque emplacement potentiel des futures turbines. Il s'agit d'une information extrêmement précieuse qui faciliterait la prise de décision sur des aspects clés des futurs réseaux, tels que la configuration des turbines, les considérations relatives à l'autorisation et la planification financière. L'adoption de cette méthode surmonterait les problèmes pratiques liés à l'application des approches standard de l'industrie.
- La section 2.1.3 traite de la force de la corrélation en fonction de la distance par rapport au SMADCP et au VMADCP, considérée lors de l'évaluation des emplacements appropriés pour la mise en place d'un ADCP de référence durant une telle campagne. Les limites de la méthode à de plus grandes distances sont notées.
- Il a été démontré que les VMADCP sont efficacement corrélés aux TMADCP. Il est prévu d'équiper les turbines pilotes d'un dispositif de mesure du débit qui pourrait être utilisé comme mesure du débit de référence durant une campagne de collecte de données sur des sites potentiels dans la zone de concession.
- Les résultats de l'évaluation des turbulences présentés à la section 2.1.1 sont très convaincants et pertinents pour les évaluations des turbulences sur le site NH. Ceci est extrêmement important pour paramétrer l'environnement, car cela influencera les évaluations de charge qui affectent l'ensemble de la conception du système. Cette étude identifie explicitement une différence significative entre les résultats des poutres 4 et 5. La NH a l'intention d'utiliser ces résultats pour prendre des décisions concernant les configurations ADCP pour les campagnes futures, ainsi que pour s'assurer que les différentes méthodes de traitement des données sont considérées.

3.2.2 Perturbation des ressources hydroliennes de base

Comme pour MeyGen, un paramètre clé pour NH à court terme est de prendre en compte les effets des sillages des turbines sur la dynamique globale de l'écoulement autour du site du Raz Blanchard. Les résultats décrits à la section 2.1.2 sont d'un grand intérêt pour le développement du réseau NH pour les aspects suivants :

- Pour le pilote, il s'agira des premières turbines installées dans la région et elles disposent d'un espace suffisant pour éviter toute interaction avec le sillage en aval. Toutefois, la leçon tirée de l'expérience de MeyGen est qu'il faut examiner le plus tôt possible comment la présence de sillages de l'éolienne pilote affectera les options d'implantation des futures turbines dans les zones de développement plus vastes.
- Dans la mesure du possible, les emplacements des futures éoliennes seront déterminés en évitant complètement les sillages attendus des éoliennes pilotes et futures, où la longueur de dissipation du sillage a été définie comme étant d'environ 12-15D. En outre, les mesures des transects donnent des indications sur l'expansion du sillage qui peuvent également être utilisées pour optimiser la disposition du réseau.
- Deux zones de concession sont en cours d'aménagement dans le Raz Blanchard, où les emplacements proposés pour les réseaux sont distants d'environ 1 km. Si l'on considère le cas le plus défavorable de 15D, le sillage se dissiperait à 360 m du pilote de la NH1. Cela permet de croire que la distance en aval est plus que suffisante pour que le sillage se dissipe, ce qui limite le risque d'influence sur le site voisin pour ce déploiement.
- Une nouvelle série d'études de sillage sera probablement réalisée pour évaluer les différences entre les turbines de plus grande puissance et de plus grand rotor sur la dynamique de sillage, grâce aux leçons tirées des méthodes de mesure et de caractérisation de sillage présentées par MeyGen.
- Des études initiales sur les transects du sillage seront utilisées pour étudier plus en détail les éventuels effets locaux de blocage et de contournement. La distance de séparation latérale des turbines dans le pilote a été fixée à 1.8 D d'un bout à l'autre. L'augmentation de puissance de toute accélération potentielle du flux entre les deux rotors sera directement mesurée à partir d'une turbine sera installée en aval de cet espacement. Les informations combinées des ensembles de données de NH et MeyGen permettront de mieux comprendre les effets locaux de blocage et de dérivation dans les conditions réelles du site, afin d'augmenter le potentiel d'extraction d'énergie du site.



EUROPEAN UNION
European Regional Development Fund