



WHEN TRUST MATTERS

Etudes de productible préliminaires sur la macrozone de Fécamp Grand Large (FGL)

DGEC

Timothé Dizengremel – Senior Engineer

02 July 2024

IMPORTANT – NON-RESPONSABILITE

Ce document est destiné à l'usage exclusif du Client à qui le document est adressé et qui a conclu un accord écrit avec l'entité DNV émettrice de ce document (DNV France sarl, « DNV »).

Dans la mesure permise par la loi, ni DNV ni aucune société du groupe (le « Groupe ») n'assume aucune responsabilité envers quelque tiers que ce soit. La circonstance que le Client puisse divulguer ou distribuer ce document à des tiers n'implique pas que DNV accepte une quelconque responsabilité vis-à-vis de quelque destinataire, autre que le Client, que ce soit.

Ce document a été produit à partir d'informations ou de données mises à la disposition de DNV jusqu'à la date de sa rédaction. La délivrance de ce document n'implique pas que les informations qu'il contient ne sont pas susceptibles d'être modifiées. DNV n'est en aucun cas responsable des informations ou données erronées fournies par le Client ou un tiers, ou des effets de ces informations ou données erronées, qu'elles soient ou non contenues ou mentionnées dans le présent document.

DNV décline toute responsabilité quant à l'application ou à l'utilisation des résultats, estimations ou prédictions fournis dans le présent document, qui sont donnés à titre d'indications préliminaires et ne sont pas destinés au modèle financier des projets de parcs éoliens concernés.

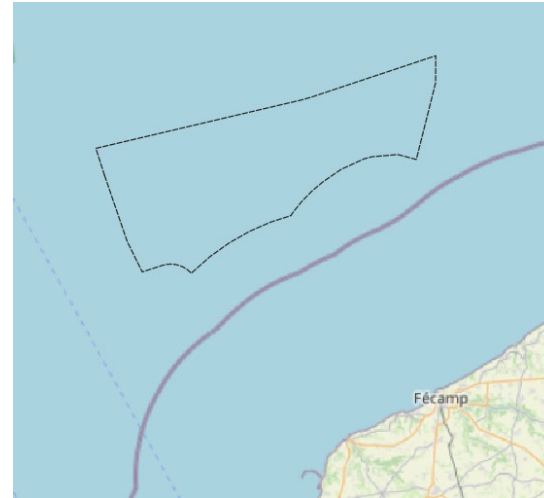
Le présent document est soumis à toutes les hypothèses et réserves qui y sont exprimées ainsi que dans toute autre communication pertinente s'y rapportant.

DNV n'a effectué aucune mesure sur site, et aucune mesure sur site n'a été utilisée dans cette étude préliminaire. La plupart des caractéristiques des projets de parcs éoliens concernés, telles que le nombre d'éolienne, le modèle de turbine et leur disposition, n'ont pas été décidées. DNV a donc proposé ses propres hypothèses sur la base de l'expérience de DNV, jugées raisonnables pour cette étude préliminaire. Cependant, les travaux effectués pour la réalisation de cette étude préliminaire sont fortement dépendants de ces hypothèses qui s'accompagnent également de fortes incertitudes, et il est fortement recommandé de le mettre à jour lorsque plus d'informations seront disponibles sur les caractéristiques des projets. DNV considère que l'étude préliminaire contenue dans ce document ne doit pas être utilisée pour une étude de rentabilité ou d'autres études financières et recommande des mesures sur site et des études supplémentaires pour chaque développement de projet.

Les prévisions, estimations ou prévisions contenues dans ce document sont soumises à des facteurs qui ne sont pas tous dans le cadre des probabilités et des incertitudes contenues ou mentionnées dans le présent document. Rien dans ce document ne garantit une quelconque vitesse de vent ou performance énergétique particulière.

Introduction

Le débat public 2019-2020 relatif à la recherche d'une zone pour la conduite de l'appel d'offres n°4 (AO4), qui avait abouti à la définition de la zone Centre-Manche, avait permis de repérer une zone propice au large de la Seine-Maritime, notamment contrainte par le trafic maritime. La poursuite des travaux sur l'organisation du trafic maritime en grande Baie de Seine ont permis de préciser les contours de cette zone propice, qui sera désignée comme la zone Fécamp Grand Large (« FGL »)



La Direction Générale de l'Énergie et du Climat (“DGEC”) a demandé à DNV France SARL, du groupe DNV (“DNV”), d’entreprendre une analyse de productible de la macrozone de FGL en prenant en compte divers scénarios de densités et d’espacement des sous-zones.




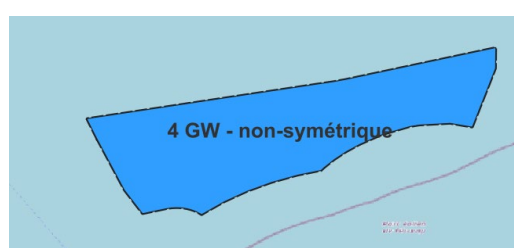
1 Description des scénarios

- A la demande de la DGEC les 4 scénarios suivants ont été considérés:

Famille de scénario	Description DGEC	Hypothèses d'entrée DGEC	Désignation du Scénario
Occupation maximum	Installation de façon homogène sur la zone d'étude <u>Objectif</u> : étude du compromis entre densité et utilisation maximale de la ressource en sol	Puissance à installer : 2 * 2 GW Densité énergétique : 6,6 MW/km ²	-> Scénario 1
		Puissance : 3*2 GW Densité énergétique : 9,9 MW/km ²	-> Scénario 2
Tampon entre les parcs	Installation de deux parcs en prévoyant une zone tampon entre les parcs <u>Objectif</u> : Etudier les effets sur le productible d'une densification en faveur de la création d'un tampon entre les parcs <u>Intérêt</u> : Installation moins extensive, marge de manœuvre sup. dans la prise en compte des enjeux, reconstitution de la ressource en vent pour le parc « de derrière »	Puissance à installer : 2 * 2 GW Densité énergétique : 9 MW/km ²	-> Scénario 3
Installation optimale	Installation optimale en matière de production sur la zone sans parti pris <u>Objectif</u> : Définir pour la puissance cible de 4 GW le meilleur scénario en terme de production <u>Intérêt</u> : Alimentation de la réflexion sur l'aménagement des zones, évaluation des écarts entre le scénario optimal et les scénarios prenant en compte les enjeux pour alimenter le rapport du maître d'ouvrage (effet des prises en compte)	Définition des emplacements machines selon le maximum de production de la macrozone	-> Scénario 4

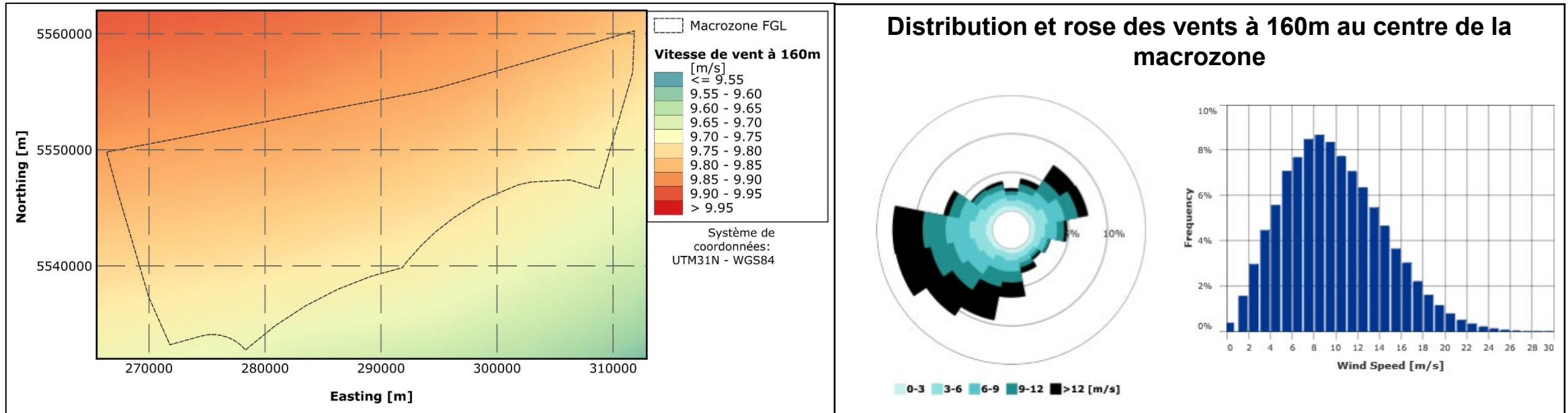
2 Définition des sous-zones

- Afin de respecter les contraintes de densités énergétiques des différents scénarios, DNV a défini différentes sous-zones pour découper la macrozone en part surfaciques égales à l'aide d'un algorithme de *k-mean clustering*.

Famille de Scénario	Occupation Maximale		Tampon entre les parcs	Installation optimale
Scenario	1	2	3	4
Densité [MW/km ²]	6.6	9.9	9	6.6
Schéma				
				(macro-zone entière)

3 Ressource en vent

DNV a commandé un produit “Vortex FARM” couvrant la macrozone permettant d’avoir la répartition spatiale de la ressource en vent et d’obtenir une distribution statistique du vent et une rose de vents afin d’initier le calcul énergétique.

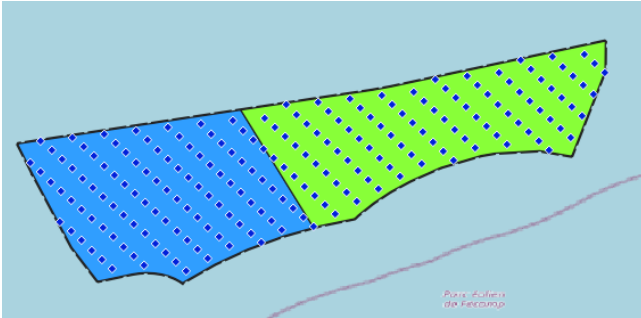
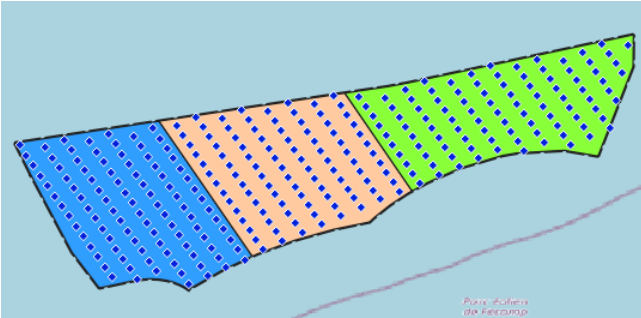
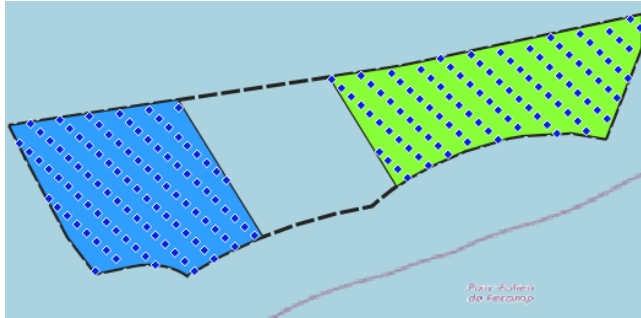


Le vent long terme à hauteur de moyeu de 160 m est compris entre 9.7 m/s et 9.9 m/s. Il est à noter que ces vitesses sont dérivées de modèles meso-échelles. DNV recommande de mettre à jour ces analyses lorsque des mesures sur sites seront disponibles.

4 Définition des layouts (1/2)

Turbine utilisée: Puissance unitaire : 20MW, Diamètre de rotor 276m, Hauteur de moyeu 160m.

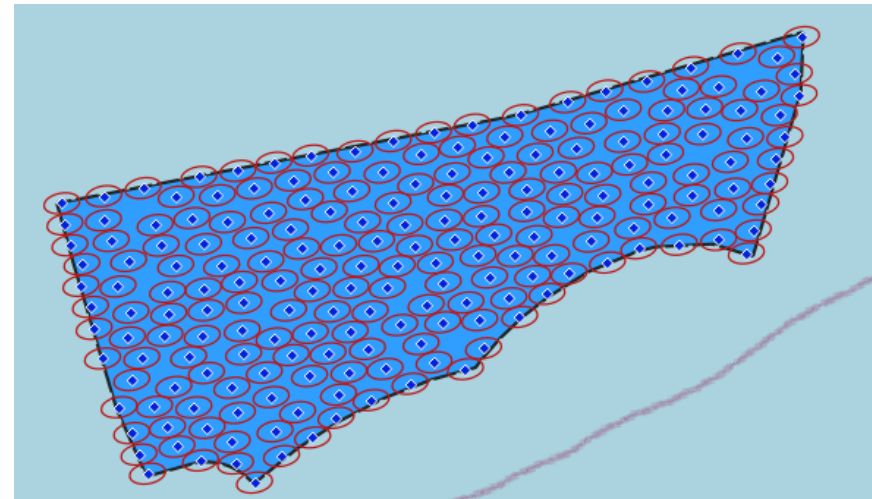
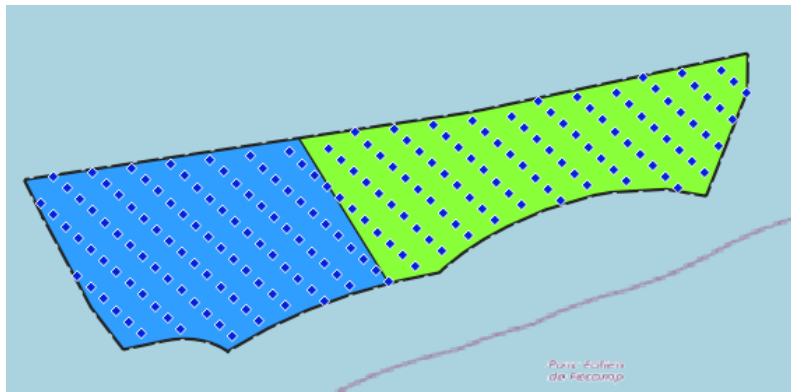
Pour les scenarios 1 à 3 : DNV a défini les emplacements des éoliennes basés sur des layout symétriques pour que les espacements inter-turbines permettent d'atteindre la puissance totale visée tout en minimisant les sillages avec de plus grandes distances dans les directions prédominantes de vent.

Famille de Scénario	Occupation Maximale		Tampon entre les parcs
Scenario	1	2	3
Layout			

4 Définition des layouts (2/2)

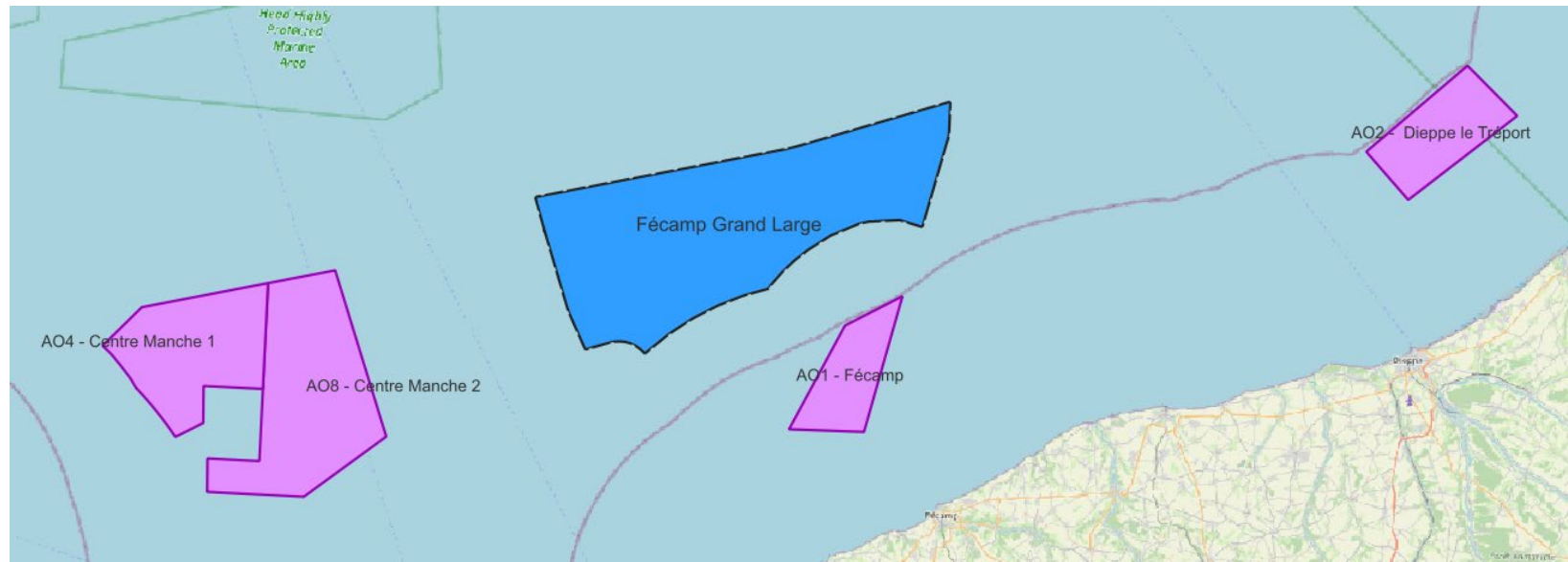
Pour le scenarios 4: DNV est parti du layout du scenario 1 et a par la suite appliqué un algorithme d'optimisation *Random Walk* avec des contraintes d'espacements plus large pour la direction 260°. Cet algorithme prend en compte les sillages internes et les variations de ressource en vent spatiale afin de déterminer les localisations d'éoliennes.

Le layout obtenu n'est donc pas symétrique et présente une vision améliorée de la ressource de la macro zone sans contraintes de construction. Le gain énergétique associé par rapport au scenario 1 est de l'ordre de +0.5% en énergie.



5 Calculs énergétiques - hypothèses

DNV a ensuite calculé l'énergie produite par chacun des sous parcs de chaque scénario. Il est à noter que les sillages externes des parcs de Fécamp, Dieppe le Tréport et Centre Manche 1 & 2 ont été pris en compte. Tous les sillages ont été calculés avec un modèle *Eddy Viscosity with Large Wind Farm correction*.



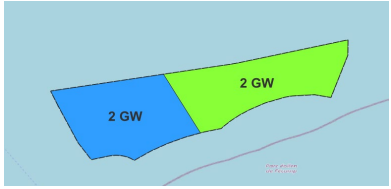



DNV a aussi pris en compte les pertes suivantes :

- Blocage, disponibilité, performances de turbines, pertes électriques.

5 Calculs énergétiques – Résultats par sous zones

Project summary									
Energy Assessment Summary									
Evaluation Period (year)	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
Gross Energy (GWh/year)	10586.9	10591.7	10581.6	10598.3	10591.0	10581.9	10590.1	21172.8	
P50 Losses									
Turbine Interaction Loss	83.9	83.9	80.4	77.9	79.9	82.7	82.8	84.3	
Availability Loss	95.0	95.0	95.0	95.0	95.0	95.0	95.0	95.0	
Electrical Loss	97.5	97.5	97.5	97.5	97.5	97.5	97.5	97.5	
Turbine Performance Loss	98.5	98.5	98.5	98.5	98.5	98.5	98.5	98.5	
Environmental Loss	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
Curtailment Loss	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
Total Loss	76.6	76.6	73.4	71.1	72.9	75.5	75.6	77.0	
Effect of Asymmetric production	99.7	99.7	99.7	99.6	99.6	99.7	99.7	99.7	
P50 Net Energy (GWh/year)	8084.5	8088.5	7735.2	7507.3	7694.6	7964.4	7978.8	16246.2	
P50 Net Capacity Factor	46.1	46.1	44.1	42.8	43.9	45.4	45.5	46.3	

5 Calculs énergétiques – Résultats

Famille de Scénario	Occupation Maximale		Tampon entre les parcs	Installation optimale
Scenario	1	2	3	4
Schéma				
Puissance installée [MW]	4000	6000	4000	4000
Densité énergétique [MW/km ²]	6.6	9.9	9	6.6
Production P50 [TWh/year]	16.17	22.94	15.94	16.25
Facteur de charge [%]	46.1%	43.6%	45.5%	46.3%
Production au km ² [MWh/year/km ²]	26.6	37.7	26.2	26.7
Coût brut indicatif du MWh [€/MWh]*	24.7	26.2	25.1	24.6

* - Hypothèse de coût de 2M€/MW installé pour tous les scénarios et durée de vie du parc de 20 ans

REFERENCES

- /1/ Datapack sent by mail by Guillaume Poirier (DGEC) to DNV on the 20/03/2024
- /2/ Vortex FARM, www.vortexfdc.com
- /3/ WindFarmer white paper, April 2016; website at: <https://www.dnvgl.com/publications/windfarmer-white-paper-april-2016-65253>
- /4/ Bleeg, James, et al. "Wind Farm Blockage and the Consequences of Neglecting Its Impact on Energy Production." Energies, vol. 11, no. 6, 2018, p. 1609., doi:10.3390/en11061609

Thank you

Timothe.Dizengremel@dnv.com

www.dnv.com

