

Projet de parc éolien en mer au large de Dunkerque et son raccordement électrique

Concertation post débat public

Réunion décryptage

L'autorisation à caractéristiques variables

16 décembre 2021 – 9h30/12h30



Déroulé de l'atelier

Introduction

- I. Ce qui nous réunit aujourd'hui
- II. Comment la réglementation a évolué ?
- III. Caractéristiques variables : comment sont-elles définies et prises en compte ?
- IV. Quelles sont les caractéristiques variables et invariables dans le cadre du projet ?
- V. Comment étudier les effets générés par le projet ?
- VI. Conclusion et perspectives

Les modalités d'échanges et de contributions : mode d'emploi



Dialogue et
écoute



Respect et
équilibre des
prises de parole

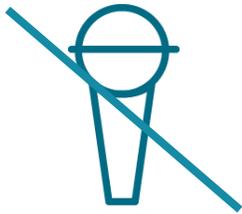
Cette réunion est enregistrée et fera l'objet d'un compte-rendu.



Rappel : le port du masque est obligatoire

Les modalités d'échanges et de contributions : mode d'emploi

Durant la présentation, nous vous invitons à...



Couper votre micro pour permettre à tous une écoute de qualité



Déposer vos questions ou remarques via l'outil Converser

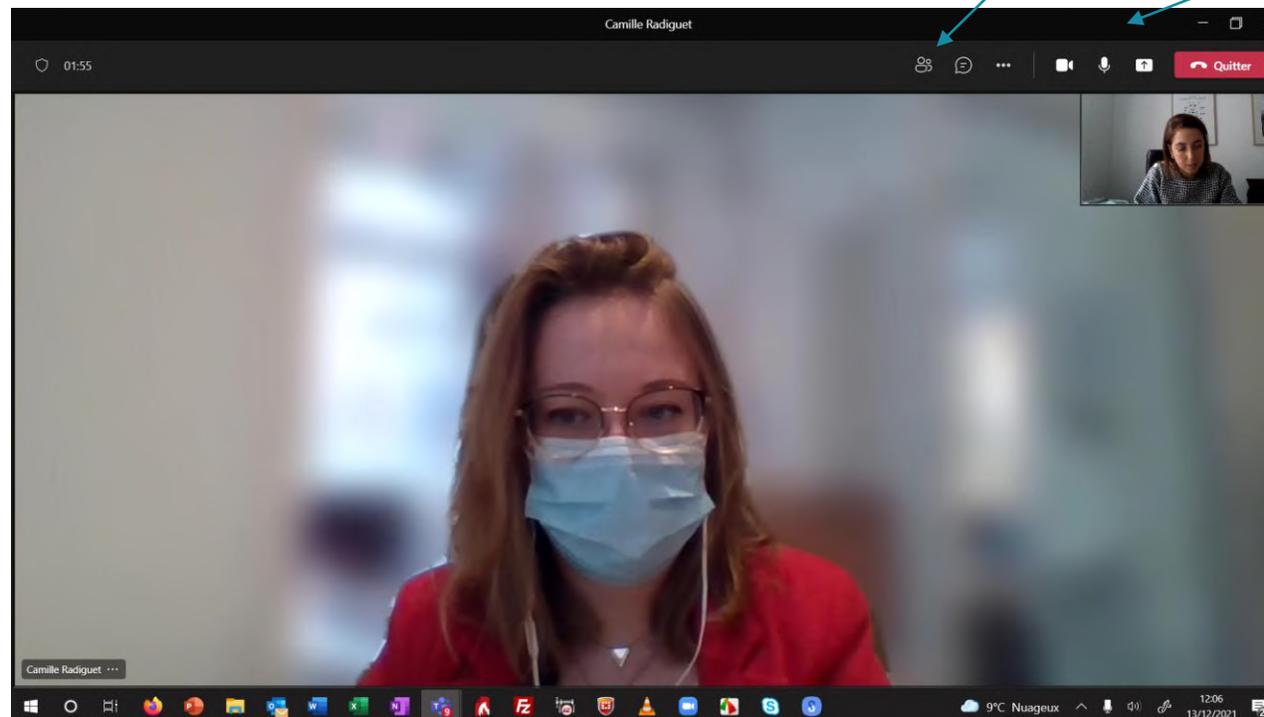


Demander de prendre la parole pour poser une question grâce à l'outil Lever la main

Les modalités d'échanges et de contributions : mode d'emploi

Lever la main pour intervenir

Activer / désactiver le micro



Les intervenants aujourd'hui



Maxime Planque, chef de projet éolien en mer
Caroline Piguet, cheffe de projet environnement



Joan Cauvet, directrice du projet raccordement
Christine Lombard, responsable concertation et autorisations
Pauline Brandt, chargée d'études concertation environnement



Jacques Roudier, garant de la concertation
Priscilla Cassez, garante de la concertation
Claude Brévan, garante de la concertation (à distance)

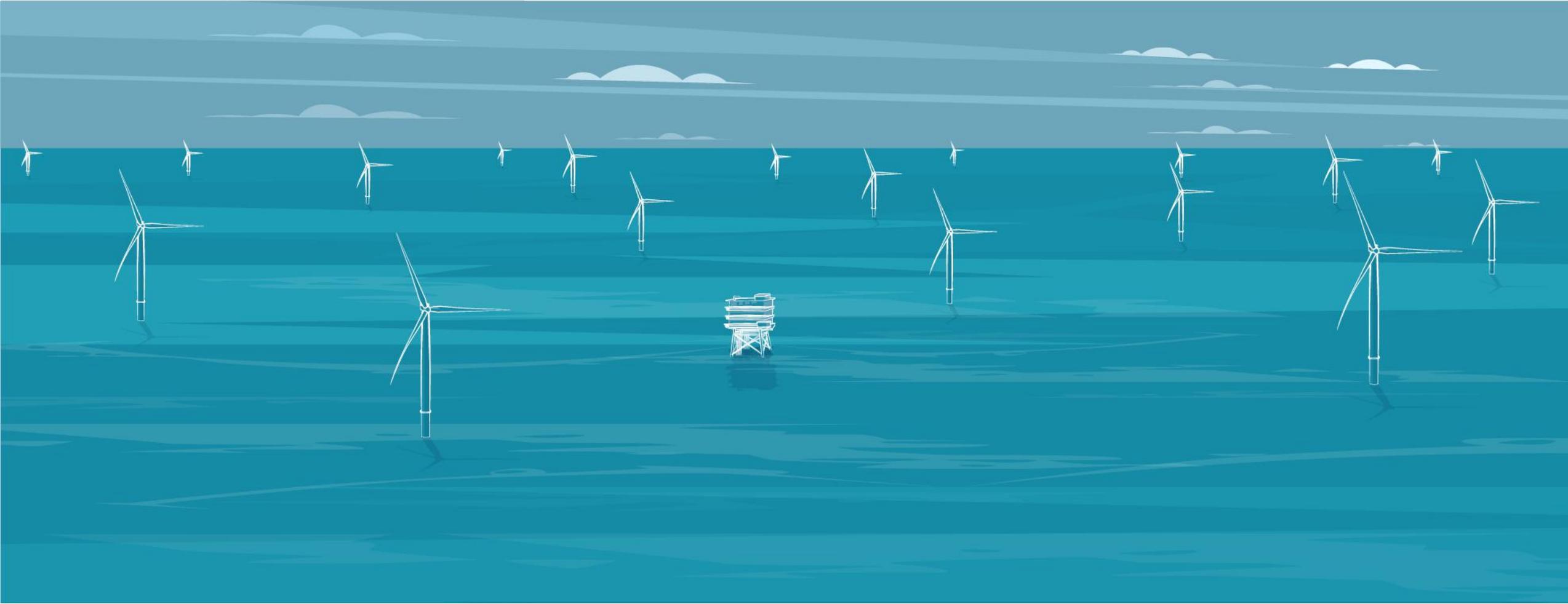
Bureaux d'études en charge de l'étude d'impact

Parc éolien : Natural Power (Marie Montus, Camille Guillemette)

Raccordement : TBM Environnement (Gaël Bouchery)



Et vous, participants...



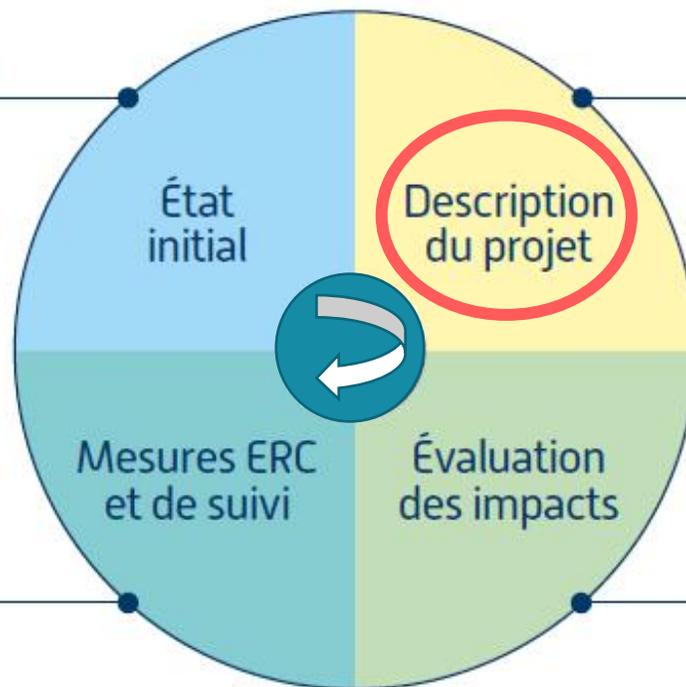
PARTIE



Ce qui nous réunit aujourd'hui

Pourquoi vous réunir aujourd'hui dans le cadre du processus de concertation engagé ?

Description des milieux naturel, physique et humain

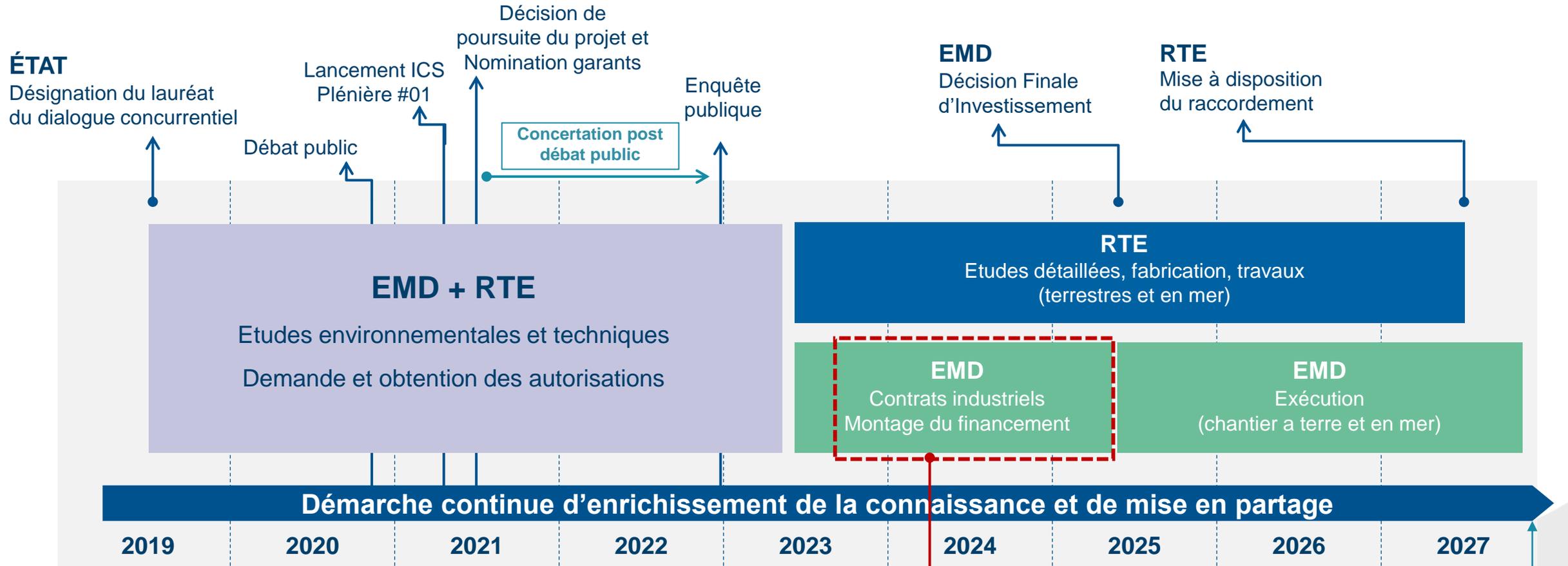


Présentation des caractéristiques retenues pour l'étude d'impact

- Mesures d'évitement
- Mesures de réduction
- Mesures de compensation
- Mesures de suivi

Prise en compte de la sensibilité (avifaune, mammifères marins...) aux effets générés par le projet

Le calendrier prévisionnel



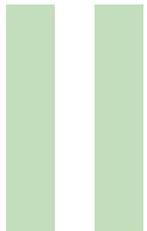
Source: RTE et EMD - *Hors aléas

Choix final pour les variables « ouvrages »

Mise en service en 2027
30 ans d'exploitation



PARTIE



Comment la réglementation a évolué ?

Comment a évolué la réglementation ?

L. 181.28-1 du code de l'Environnement

L'autorisation dite à « **caractéristiques variables** » s'applique à la filière des **énergies marines renouvelables** depuis décembre 2018.

Ce dispositif est notamment dédié à l'éolien en mer pour prendre en compte **l'évolution rapide des technologies en particulier des modèles d'éolienne**.

Cette nouvelle réglementation permet au porteur d'un projet de bénéficier d'autorisations comprenant, le cas échéant, des **caractéristiques variables, comme la puissance des éoliennes, leur taille ou leur nombre ou encore des options de fondations**.

Le projet sera ensuite construit **en respectant les limites définies et les options permises** par ces autorisations.

Décrets, arrêtés, circulaires

TEXTES GÉNÉRAUX

MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE ET SOLIDAIRE

Décret n° 2018-1204 du 21 décembre 2018 relatif aux procédures d'autorisations des installations de production d'énergie renouvelable en mer

NOR : TRER18280230

Publics concernés : entreprises du secteur des énergies renouvelables en mer et gestionnaires de réseaux publics d'électricité ; collectivités territoriales sur le territoire desquelles un projet d'installation d'énergie renouvelable en mer a des incidences environnementales notables.

Objet : installations de production d'énergie renouvelable en mer.

Entrée en vigueur : le texte entre en vigueur le lendemain de sa publication.

Notice : le décret définit les modalités d'application des articles L. 121-8-1 et L. 181-28-1 du code de l'environnement relatifs, d'une part, à la participation du public lorsque le ministre chargé de l'énergie souhaite lancer une procédure de mise en concurrence en application de l'article L. 311-10 du code de l'énergie pour la construction et l'exploitation d'installations de production d'énergie renouvelable en mer et, d'autre part, à la création, pour le maître d'ouvrage de ces projets d'installations, de la possibilité de bénéficier d'autorisations à caractéristiques variables lui permettant de faire évoluer son projet, dans le respect des limites prescrites par ces autorisations. Le décret complète également le régime contentieux applicable à certaines décisions relatives aux installations de production d'énergie renouvelable en mer et leurs ouvrages connexes, aux ouvrages des réseaux publics d'électricité dont au moins une partie est située en mer et aux infrastructures portuaires nécessaires pour leur construction, stockage ou préassemblage.

Références : le décret est pris en application des articles L. 121-8-1 et L. 181-28-1 du code de l'environnement. Il peut être consulté sur le site Légifrance (<http://www.legifrance.gouv.fr>).

Le Premier ministre,

Sur le rapport du ministre d'Etat, ministre de la transition écologique et solidaire,

Vu le code de l'énergie, notamment ses articles L. 311-10, L. 311-12, R. 311-23, R. 311-27-1, R. 323-26 à R. 323-28 et R. 323-40 ;

Vu le code de l'environnement, notamment ses articles L. 121-8, L. 121-8-1, L. 181-1, L. 181-14, L. 181-28-1, R. 122-2, R. 122-3, R. 123-11, R. 181-14, R. 181-16 à R. 181-38, R. 334-33 et R. 414-23 ;

Vu le code général de la propriété des personnes publiques, notamment ses articles R. 2124-4, R. 2124-6 et R. 2124-56 ;

Vu le code de justice administrative, notamment son article R. 311-4 ;

Vu la loi n° 2018-727 du 10 août 2018 pour un Etat au service d'une société de confiance ;

Vu l'ordonnance n° 2016-1687 du 8 décembre 2016 relative aux espaces maritimes relevant de la souveraineté ou de la juridiction de la République française ;

Vu le décret n° 2013-611 du 10 juillet 2013 relatif à la réglementation applicable aux îles artificielles, aux installations, aux ouvrages et à leurs installations connexes sur le plateau continental et dans la zone économique exclusive et la zone de protection écologique ainsi qu'au tracé des câbles et pipelines sous-marins ;

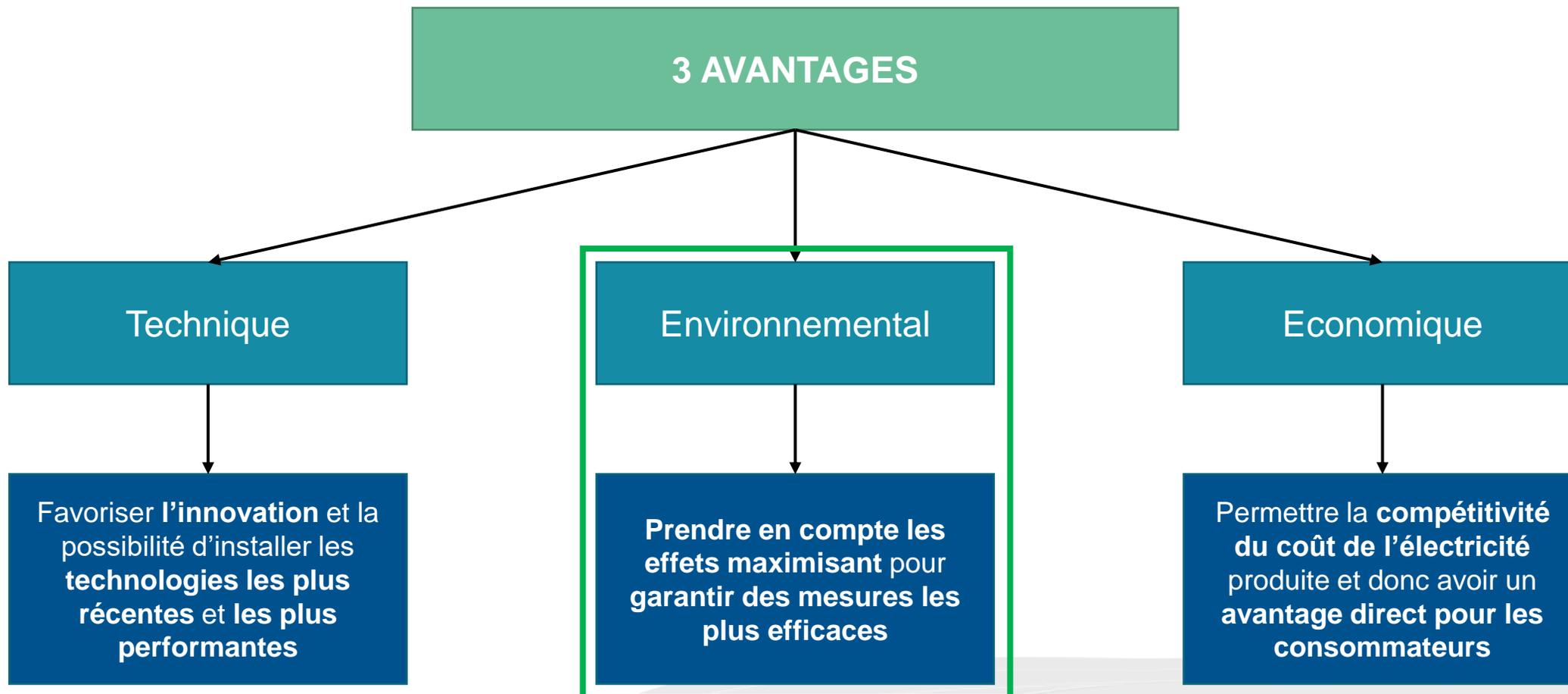
Vu l'avis de la mission interministérielle de l'eau en date du 26 octobre 2018 ;

Vu l'avis du Conseil supérieur de l'énergie en date du 6 novembre 2018 ;

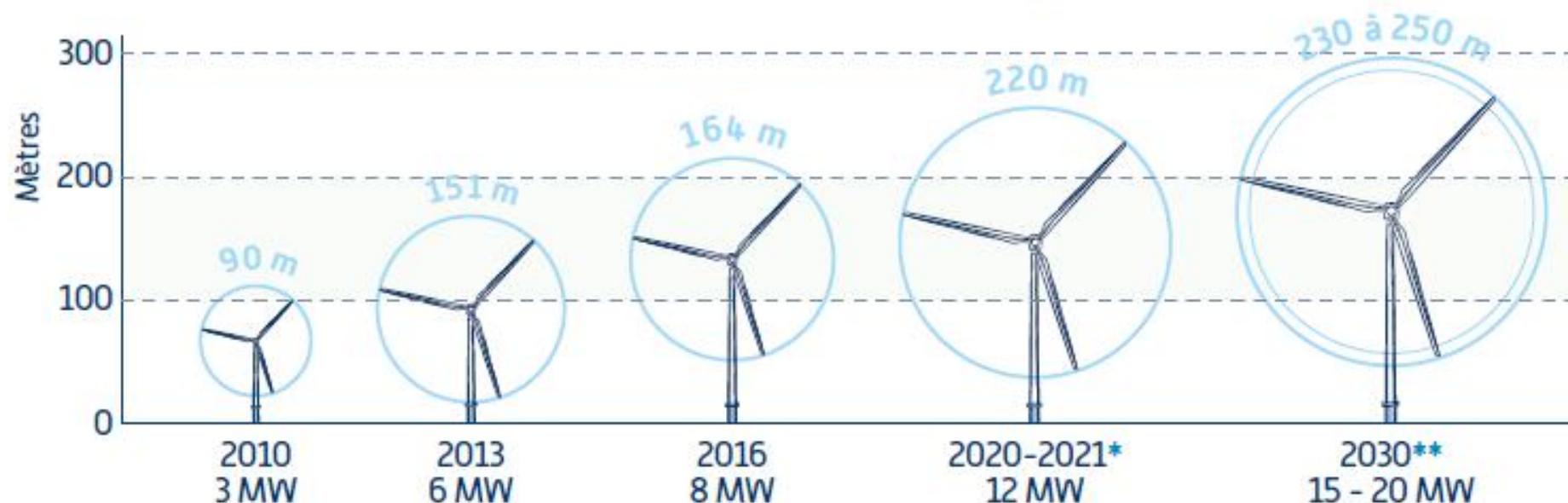
Vu les observations formulées lors de la consultation du public réalisée du 17 octobre au 7 novembre 2018, en application de l'article L. 123-19-1 du code de l'environnement ;

Le Conseil d'Etat (section des travaux publics) entendu,

Focus sur l'intérêt de cette évolution réglementaire



Une réglementation permettant de s'adapter aux évolutions technologiques rapides du secteur

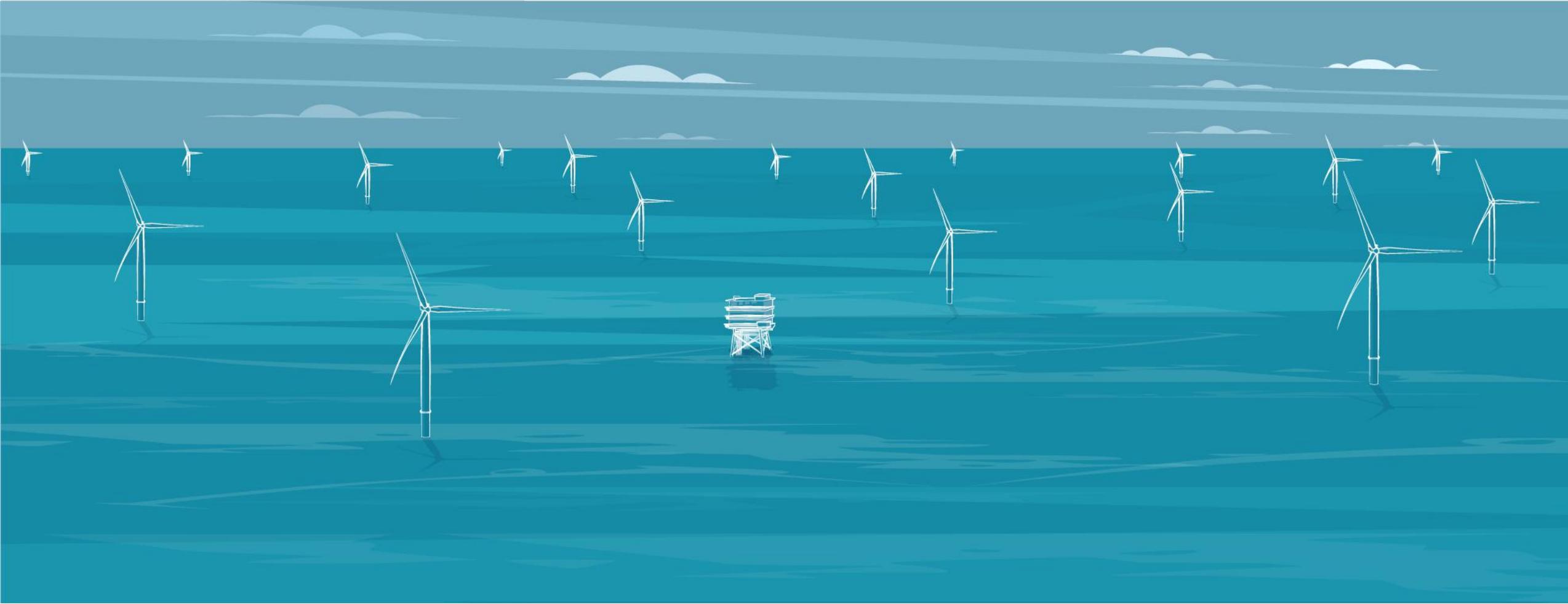


* Année annoncée/envisagée pour le déploiement commercial

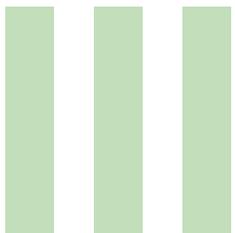
** D'autres améliorations technologiques d'ici 2030 permettraient le développement d'éoliennes plus grandes produisant 15 à 20 MW

Source : Agence internationale de l'énergie [AIE]

Taille des éoliennes en mer au fil des avancées technologiques



PARTIE



Caractéristiques variables : comment sont-elles définies et prises en compte ?

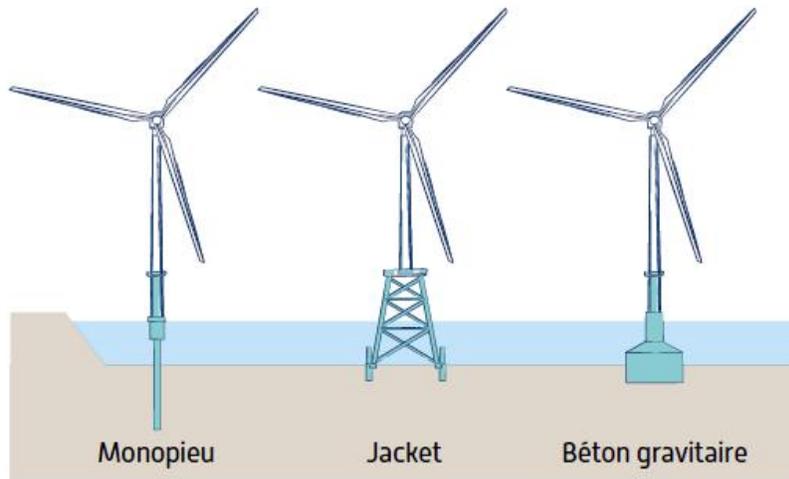
Deux types de variables, un processus adapté

Variable discrète

Options envisagées

Type de fondation

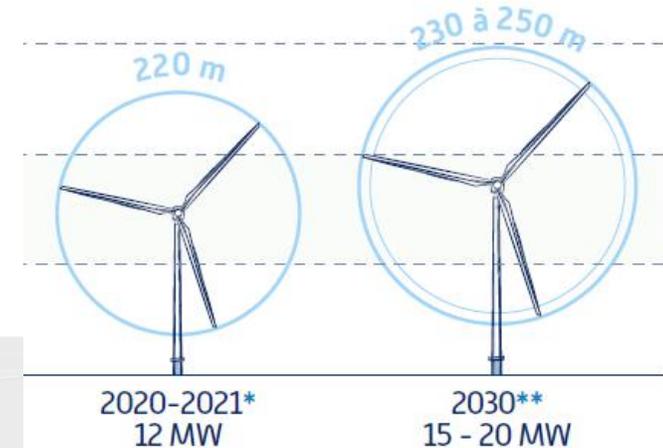
Exemples de variables



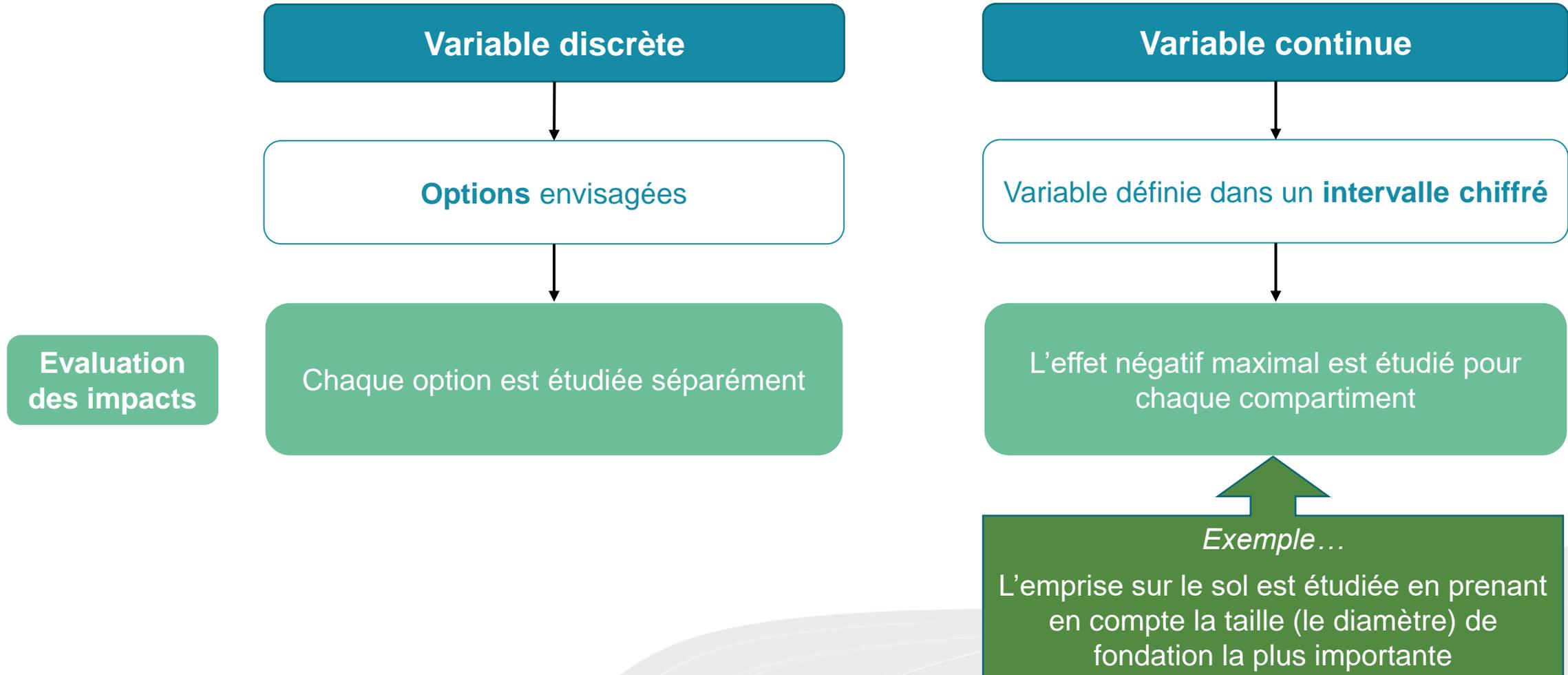
Variable continue

Variable définie dans un **intervalle chiffré**

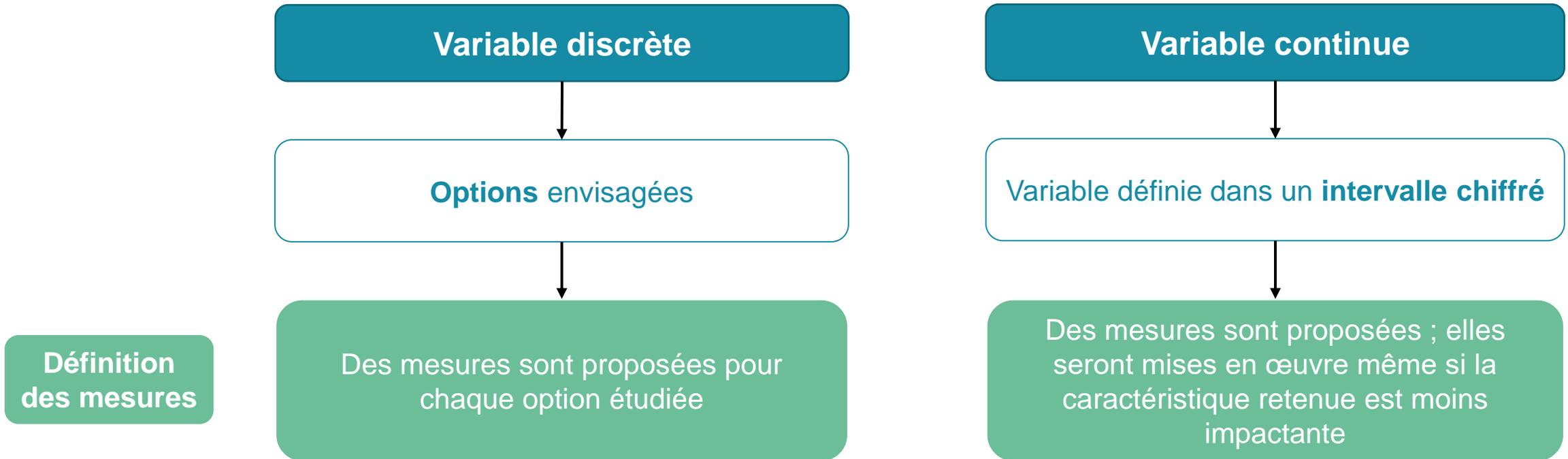
Taille de la fondation
Taille des éoliennes



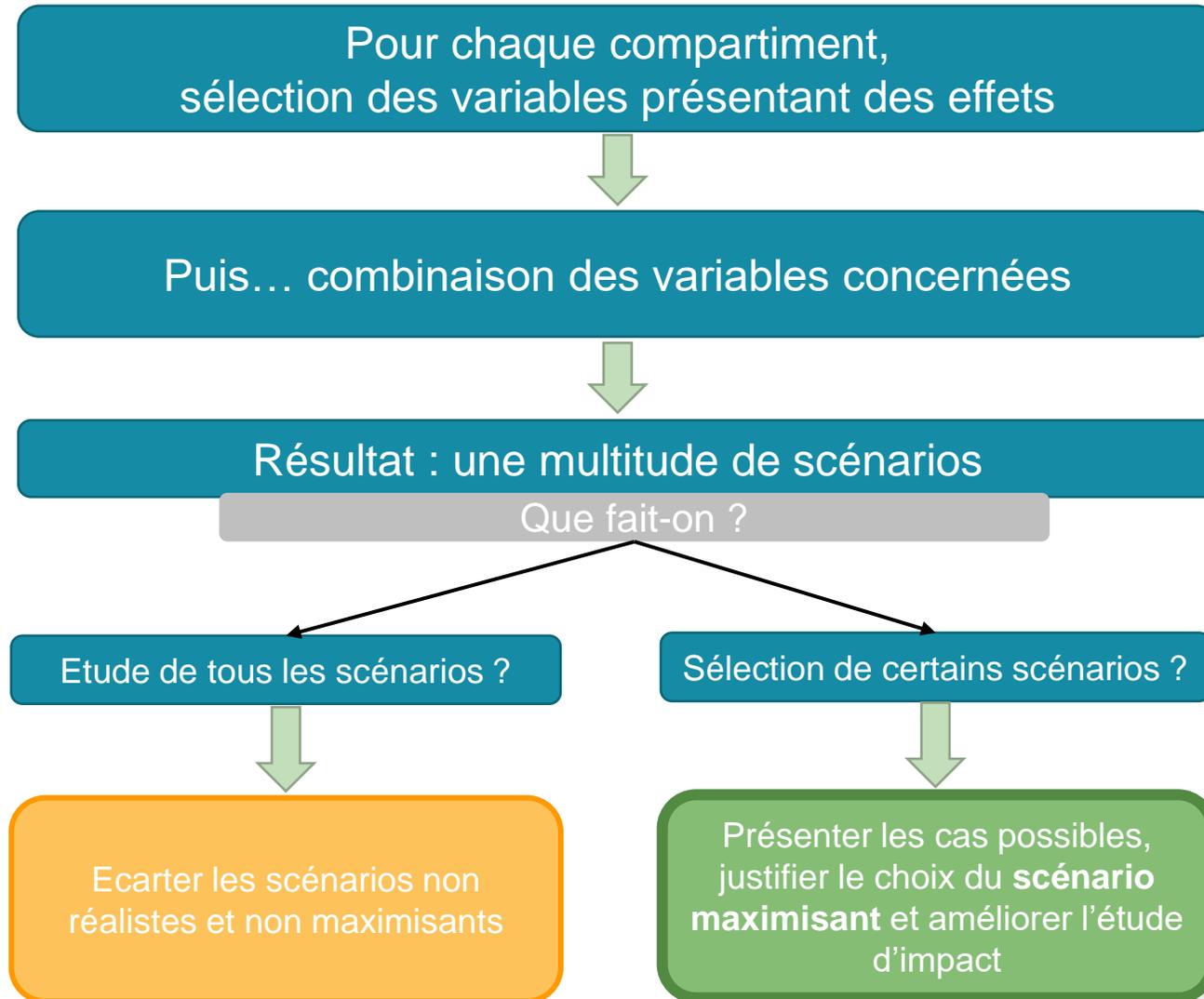
Deux types de variables, un processus adapté



Deux types de variables, un processus adapté



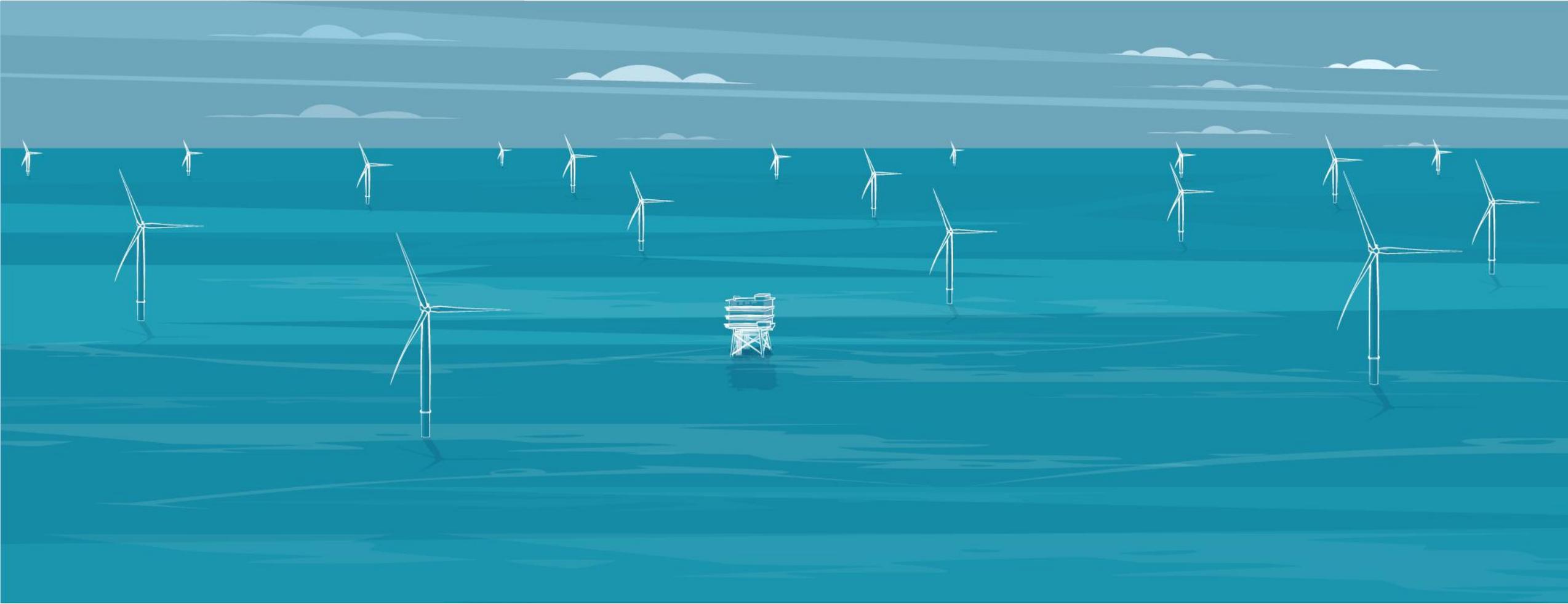
Quel processus pour évaluer l'impact ?



Exemple de compartiment : Benthos
Effet : emprise sur le fond

Exemple : Benthos / emprise sur le fond
croisement nombre d'éoliennes et
taille de la fondation

Exemple : Benthos / emprise sur le fond
exclusion des scénarios
avec emprise minimale & scénario avec
emprise maximale étudié



PARTIE

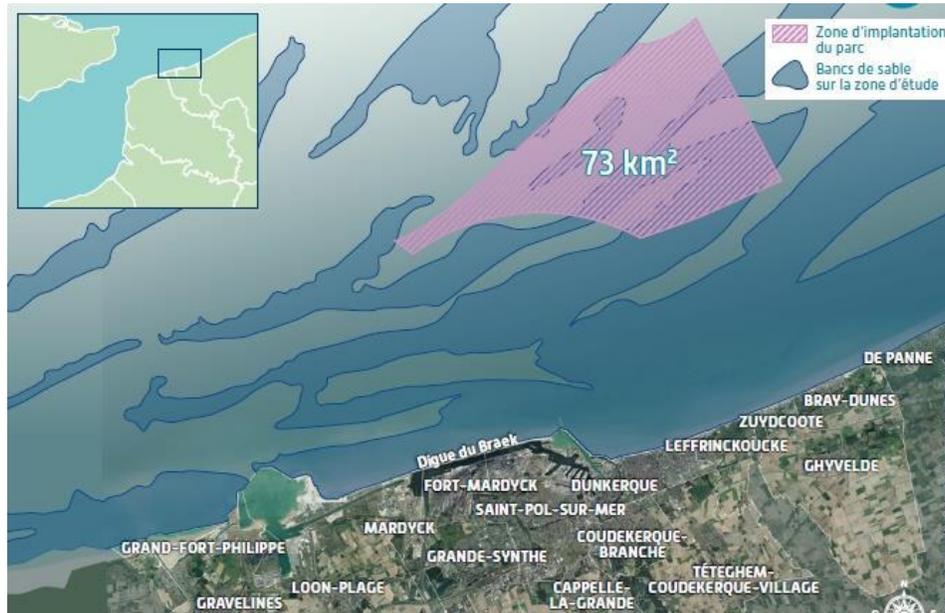
IV

Quelles sont les caractéristiques variables et invariables dans le cadre du projet ?

Rappel des paramètres et caractéristiques du projet préalablement fixés

Des invariants fixés par l'État dans le cadre de l'appel d'offres

- La zone d'implantation du parc éolien en mer
- Un intervalle cible pour la puissance installée (entre 500 MW et 600MW)
- La zone d'implantation du poste électrique en mer
- Le calendrier de mise en œuvre



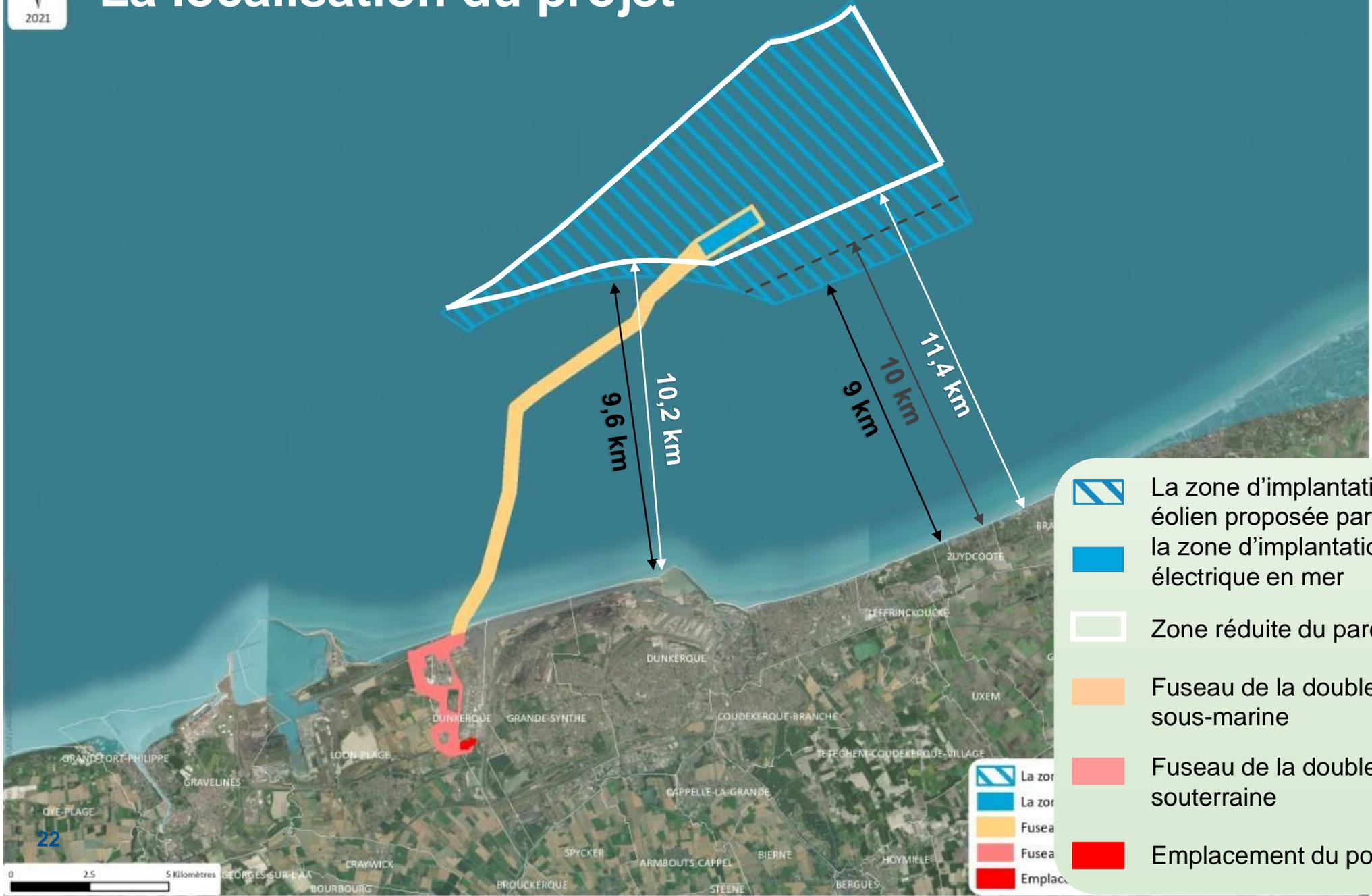
Les engagements pris par EMD dans le cadre de sa réponse à l'appel d'offres et à la suite du débat public

- Une emprise maximale de 50 km²
- Un éloignement à plus de 10 km des côtes (11,4 km des côtes en face des communes balnéaires)
- Un maximum de 46 éoliennes





La localisation du projet



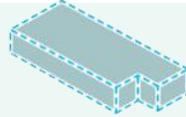
4 composantes majeures

EOLIENNES

POSTE en MER

FONDATAIONS

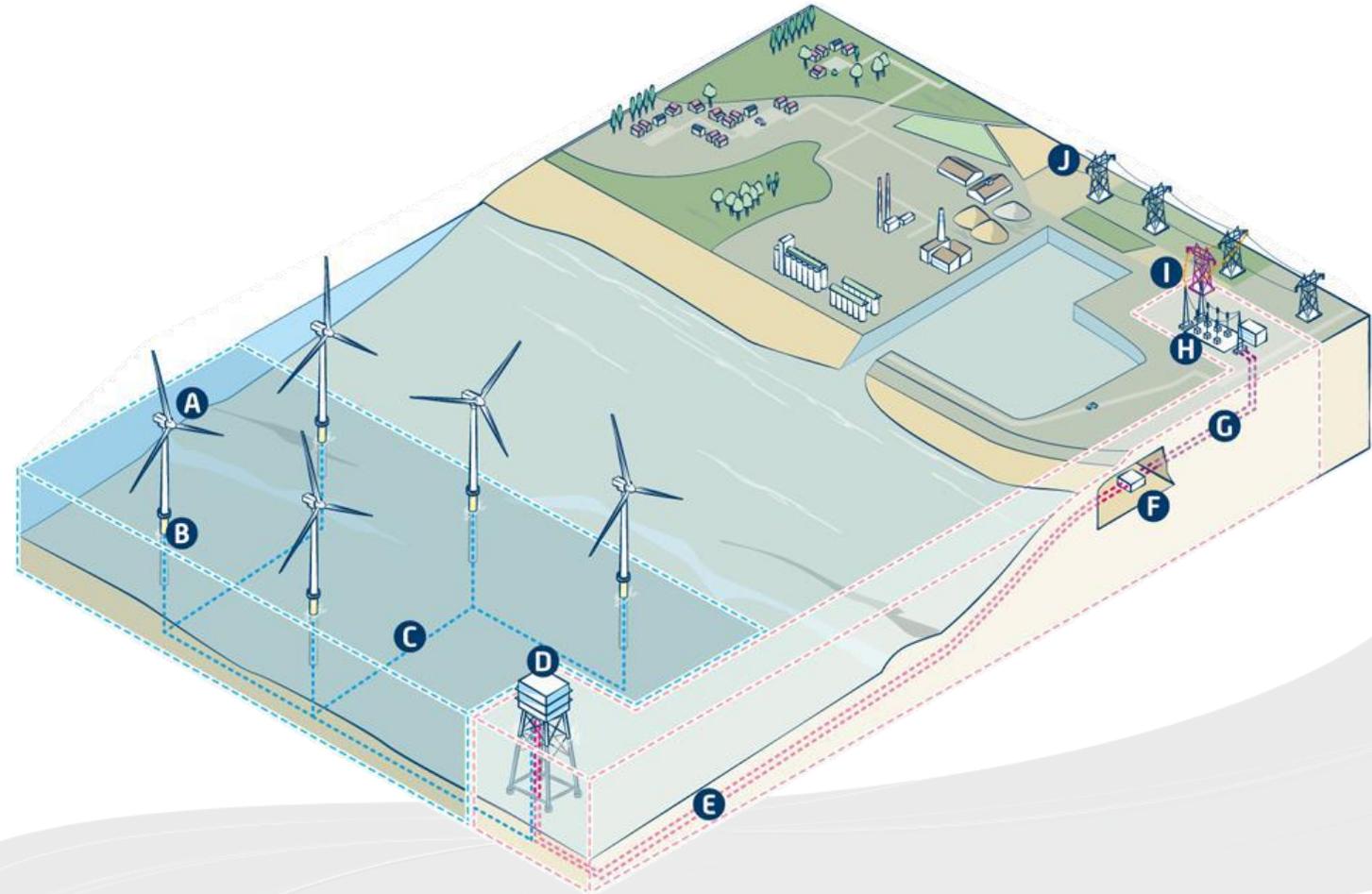
CÂBLES



- A** Éoliennes en mer (46 maximum)
- B** Fondations monopieux
- C** Câbles inter-éoliennes sous-marins



- D** Poste électrique en mer
Double liaison électrique sous-marine et souterraine
- E** Câbles sous-marins
- F** Point d'atterrage
- G** Câbles souterrains
- H** Poste électrique terrestres en zone industrialo-portuaire
- I** Nouvelle ligne électrique vers le réseau
- J** Réseau électrique existant



4 composantes majeures

EOLIENNES

POSTE en MER

FONDITIONS

CÂBLES

OUVRAGES

Invariants



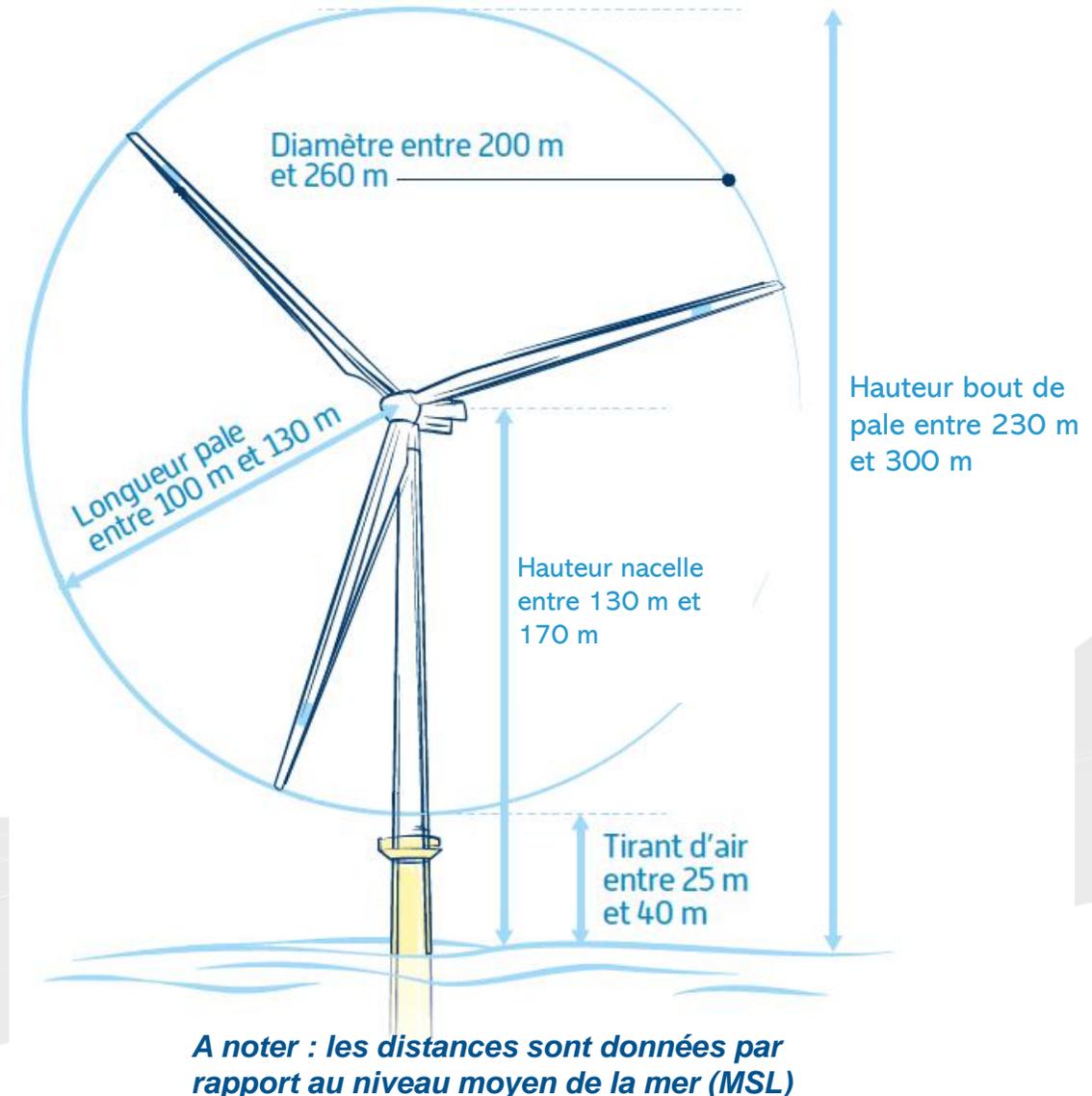
Hauteur plateforme de travail : 25 m

Variables continues

- Puissance unitaire : 11 à 20 MW
- Nombre d'éoliennes : 25 à 46
- Diamètre du rotor : 200 à 260 m
- Longueur de pale : 100 à 130 m
- Hauteur du moyeu : 130 à 170 m
- Hauteur bout de pale : 230 à 300 m
- Hauteur bas de pale : 27 à 40 m
- Longueur du mât : 105 à 145 m

A noter : Du nombre d'éoliennes retenues dépendra le positionnement de chacune d'elles et leur espacement

I Projet de parc éolien en mer au large de Dunkerque et son raccordement électrique



4 composantes majeures

EOLIENNES

POSTE en MER

FONDACTIONS

CÂBLES

OUVRAGES

Invariants

- Superstructure émergée en acier (« *topside* »)
 - * de 50 mètres de côté maximum
 - * de 30 mètres maximum de hauteur (hors antenne et grue principale)
- Sous-structure métallique de type tubulaire (« *jacket* ») avec partie émergée de 20 m de hauteur



4 composantes majeures

EOLIENNES

POSTE en MER

FONDATIONS

CÂBLES

OUVRAGES

Invariants	Variables continues	Variables discrètes
<p><u>Parc éolien - Fondations éoliennes :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Monopieu - Protection anti-affouillement (couronne d'un rayon de 30m / épais : 2,5m) <p><u>Raccordement - Fondation poste en mer :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Sous-structure de type jacket - Emprise fonds marins : 30mx30m max - Fondations de type pieux : env. 60 m de long, 3m de diamètre max - Protection anti-affouillement (diam : env. 70 m, / épais env. : 3m) - Protection cathodique à anode sacrificielle 	<p><u>Parc éolien - Fondations éoliennes :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Nombre de fondations : 25 à 46 - Diamètre monopieu : 7 à 11,5 m 	<p><u>Parc éolien - Fondations éoliennes :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Protection cathodique : anode sacrificielle ou courant imposé (ICCP)

MISE EN OEUVRE

Invariants	Variables continues	Variables discrètes
<p><u>Parc éolien - Fondations éoliennes :</u> Méthode d'installation : 1 atelier d'installation à la fois</p> <p><u>Raccordement - Fondation poste en mer :</u> Méthode d'installation : 1 atelier d'installation de pieu à la fois</p>		<p><u>Parc éolien - Fondations éoliennes & Raccordement - Fondation poste en mer :</u></p> <p>Méthode d'installation :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Battage ou vibrofonçage

en

4 composantes majeures

EOLIENNES

POSTE en MER

FONDITIONS

CÂBLES

OUVRAGES

Invariants	Variables continues	Variables discrètes
<u>Parc éolien - câbles inter-éoliennes :</u> - Tension : 66 kV <u>Raccordement électrique :</u> - Double liaison électrique - Tension : 225 kV - Linéaire de 17 km env. pour chaque liaison	<u>Parc éolien - câbles inter-éoliennes :</u> - Linéaire : maximum 90 km	

MISE EN OEUVRE

Invariants	Variables continues	Variables discrètes
<u>Parc éolien - câbles inter-éoliennes :</u> - Ensouillage à 2,5 m <u>Raccordement électrique :</u> - Ensouillage privilégié		<u>Parc éolien - Fondations éoliennes & Raccordement - Fondation poste en mer :</u> Méthode d'installation : - Jetting - Charruage - Autres outils

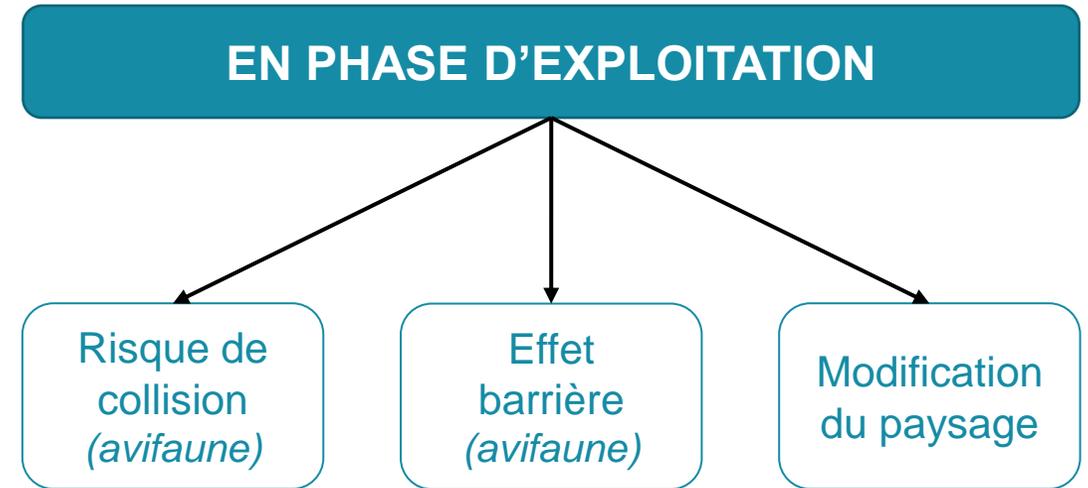
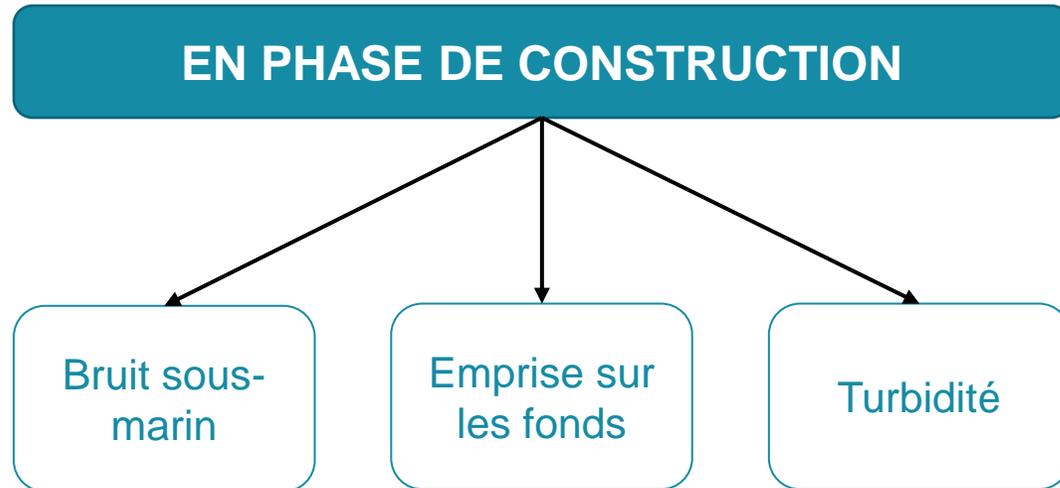


PARTIE

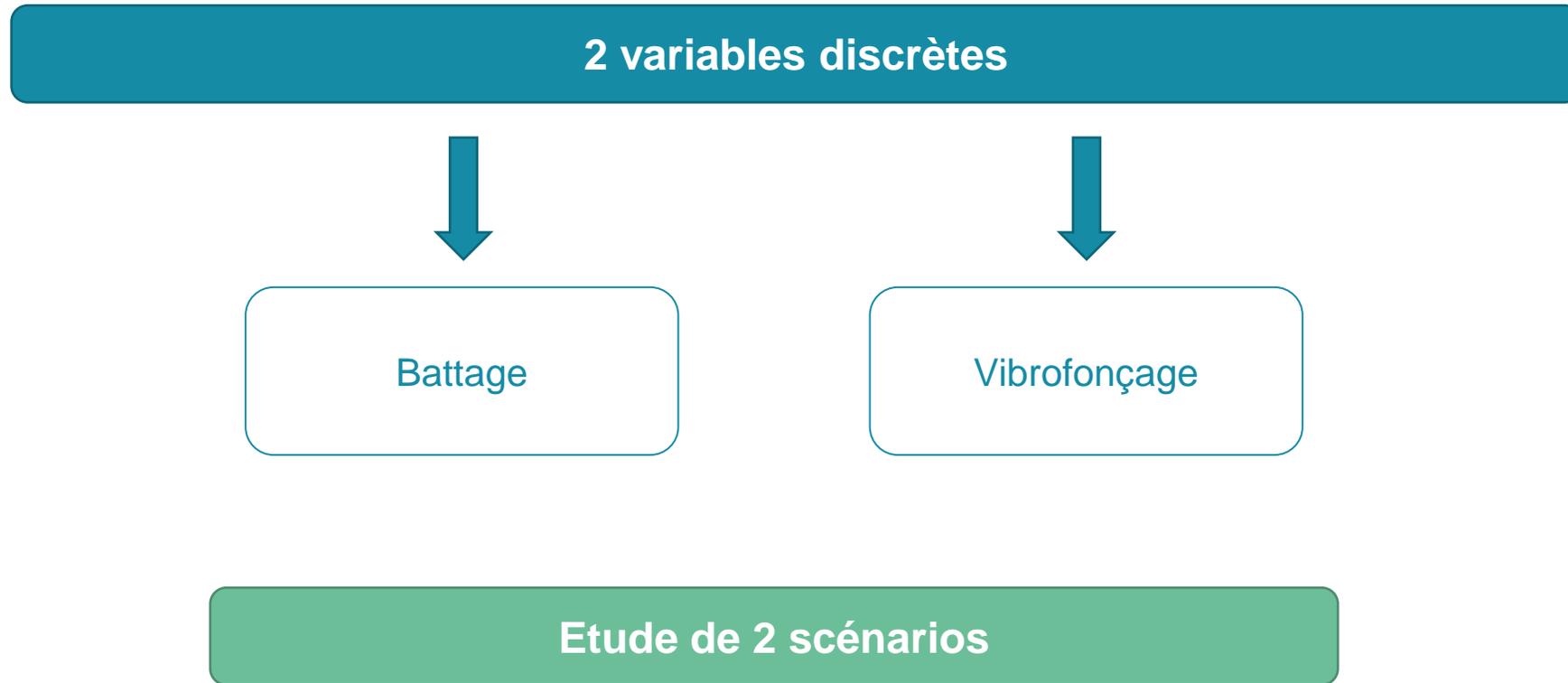
V

Comment étudier les effets générés par le projet ?

Les effets principaux du projet



Effet « Bruit sous-marin » (*en phase de construction*)



Effet « Bruit sous-marin » (en phase de construction)

DEUX SCENARIOS ETUDIES

BATTAGE

VIBROFONCAGE

Variables à considérer :

- **Diamètre des fondations** : Plus il sera important plus la puissance nécessaire sera importante
- **Bruit émis à la source** : pour chaque technique d'installation, le bruit émis sera différent
- **Durée de l'installation** : Pour chaque technique envisagée, le temps d'installation peut varier

Diamètre de la fondation monopieu de l'éolienne : 11,5 m
Bruit émis à la source : 226 dB ref 1 μ Pa²s
Durée : 6h/jour

Diamètre de la fondation monopieu de l'éolienne : 11,5 m
Bruit émis à la source : 198 dB ref 1 μ Pa²s
Durée : 6h/jour

Modélisation de la propagation du bruit dans le milieu

Effet et impact sur le compartiment considéré lié au battage d'une fondation

Effet et impact sur le compartiment considéré lié au vibrofonçage d'une fondation

Mesures de réduction et de suivis spécifiques au battage

Mesures de réduction et de suivis spécifiques au vibrofonçage

Effet « Emprise des fondations sur les fonds »

Combinaison de variables continues

Puissance totale du parc



Nombre de fondations



Puissance unitaire des éoliennes



Diamètre des fondations

Identification du scénario maximisant l'effet « Emprise des fondations »

Effet « Emprise des fondations sur les fonds »

Variables à considérer :

- **Puissance totale du parc** : plus la puissance totale du parc est importante, plus le nombre d'éolienne de même puissance est important
- **Diamètre des fondations** : plus l'éolienne est grande, plus la fondation est importante
- **Puissance des éoliennes** : plus la puissance de l'éolienne est importante, plus le nombre d'éoliennes est faible
- **Nombre de fondations** : plus les fondations sont nombreuses, plus la surface d'emprise des protections anti-affouillement est importante



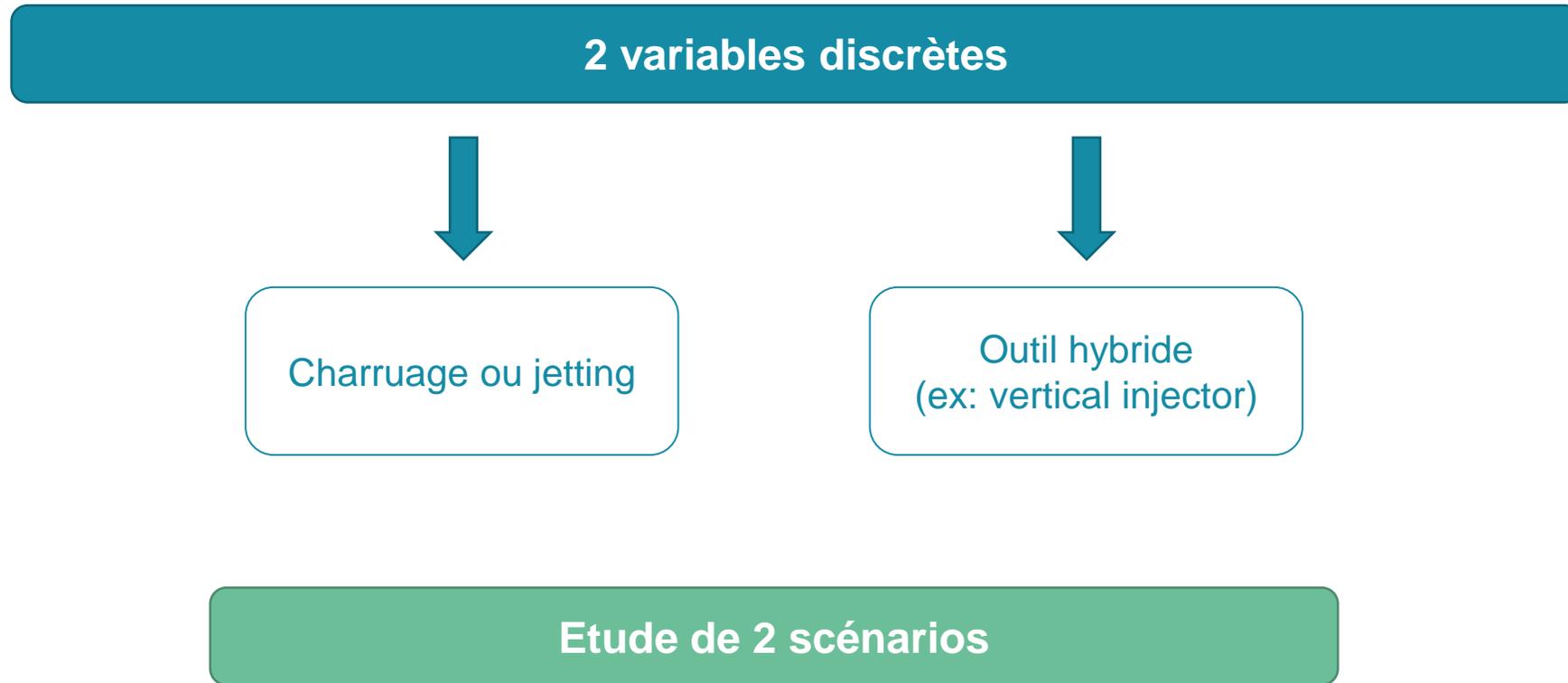
Définition du scénario maximisant à partir de variables continues



Variables considérées

Puissance unitaire	11 MW	12 MW	13 MW	15 MW	17 MW	20 MW	20 MW
Puissance totale du parc éolien	500 MW	552 MW	600 MW	600 MW	600 MW	500 MW	600 MW
Nombre d'éoliennes	45	46	46	40	35	25	30
Diamètre fondation	7 m	8 m	9 m	11,5 m	11,5 m	11,5 m	11,5 m
Rayon protection anti-affouillement	30 m autour de chaque fondation						
Emprise fondation + protection	3524 m ²	3630 m ²	3737 m²	4013 m ²	4013 m ²	4013 m ²	4013 m ²
Emprise Totale	Env. 160 000 m ²	Env. 167 000 m ²	Env. 172 500 m²	Env. 160 500 m ²	Env. 142 000 m ²	Env. 100 000 m²	Env. 120 000 m ²

Effets « turbidité » sur la qualité de l'eau (en phase de construction)



Effet « Turbidité »

Variables à considérer :

- **Technique d'ensouillage des câbles sous-marins:** *jetting, charruage, autres outils...* (la quantité de sédiments remis en suspension dépend de la technique employée)

Modélisation de deux techniques d'ensouillage

Modélisation des travaux d'ensouillage des câbles sous-marins par charruage ou outil apparenté

Modélisation des travaux d'ensouillage des câbles sous-marins par outil hybride comme le vertical injector

Etude de 2 scénarios en différents points du linéaire des câbles : carte de panache pour chaque solution

Effet et impact sur le compartiment considéré

Effet et impact sur le compartiment considéré

Mesures de réduction et de suivis spécifiques

Mesures de réduction et de suivis spécifiques

Effet « Barrière » pour l'avifaune

Une combinaison de variables continues au sein d'un invariant
(zone d'implantation de 50 km²)

2 scénarios
envisageables

Etude du scénario maximisant au titre de l'étude
d'impact

Effet « Barrière » pour l'avifaune

Variables à considérer :

- Zone d'implantation : définie par l'AO et engagement de EMD d'utiliser 50 km²
- Schéma d'implantation : Le schéma d'implantation sera fonction du nombre d'éoliennes et du diamètre de celles-ci



2 scénarios envisageables



Schéma d'implantation organisé et orienté dans le sens de migration

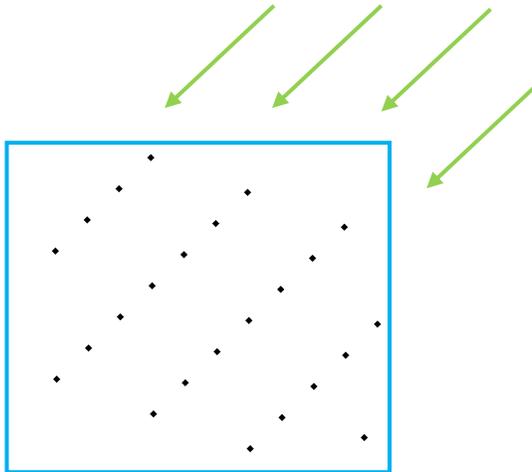
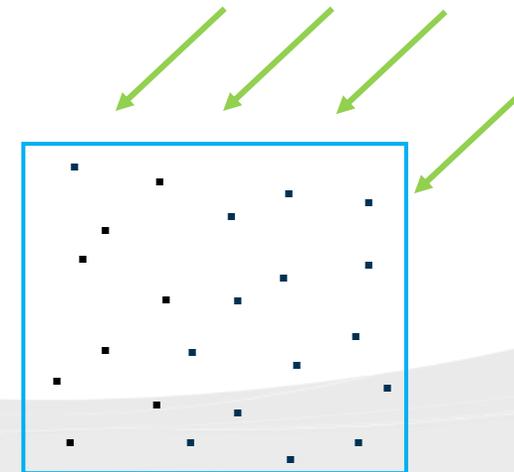


Schéma d'implantation sans alignement



Effet « Collision » pour l'avifaune

Une combinaison de variables continues

Identification des scénarios maximisant en plusieurs étapes :
Le critère maximisant est-il le nombre d'éoliennes ou la surface balayée ?
→ étude de ces deux scénarios

Définition du scénario présentant la surface balayée la plus importante

Définition du scénario présentant le plus d'éoliennes

2 hauteurs de rotor pour chaque scénario permettant d'étudier les différentes typologies de vol

4 scénarios étudiés et comparaison des résultats pour chaque espèce étudiée

A noter

le compartiment avifaune n'est pas appréhendé comme une seule entité mais selon deux grandes typologies de vol : espèces volant proche de la surface de l'eau / espèces volant à haute altitude

Effet « Collision » pour l'avifaune

Variables à considérer :

- **Puissance totale du parc :** Plus la puissance totale du parc est importante, plus le nombre d'éolienne de même puissance est important
 - **Nombre d'éoliennes :** Plus la puissance de l'éolienne est importante, plus le nombre d'éoliennes est faible
- **Diamètre du rotor :** Plus l'éolienne est puissance, plus le rotor est important et plus la hauteur en bout de pale est importante
 - **Hauteur en bas de pale :** plus le moyeu est bas et plus la hauteur en bas de pale est faible



Définition des scénarios maximisant à partir de variables continues



Prise en compte de la **surface balayée maximale** à partir de la puissance maximale autorisée du parc



Prise en compte du **nombre d'éoliennes maximal** à partir de la puissance maximale autorisée du parc

Variables considérées				
Puissance totale du parc éolien	600 MW			
Puissance unitaire	13 MW	15 MW	17 MW	20 MW
Nombre d'éoliennes	46	40	35	25
Diamètre du rotor	220 m	240 m	260 m	260 m
Surface balayée Totale	1,74 km²	1,8 km ²	1,85 km²	1,32 km ²

Effet « Collision » pour l'avifaune

Scenario 1 : Surface balayée maximale

35 éoliennes de 260 m de diamètre rotor

Scenario 2 : Nombre d'éoliennes maximal

46 éoliennes de 220 m de diamètre rotor

Prise en compte de la distance entre la mer et le bas de pale (*tirant d'air*)

Valeur min : 27 m | Valeur max : 40 m

Tirant d'air maximum

Tirant d'air minimum

- Hauteur bas de pale : 40 m
- Hauteur bout de pale : 300 m

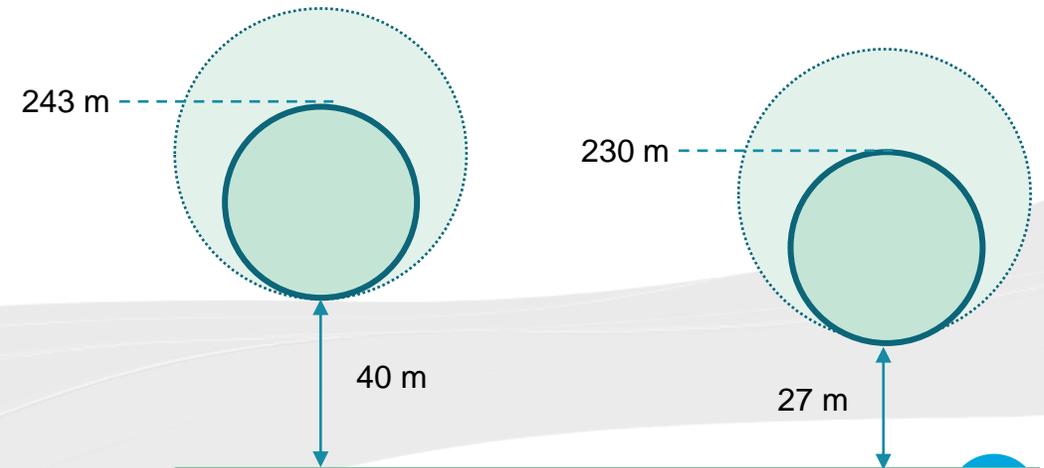
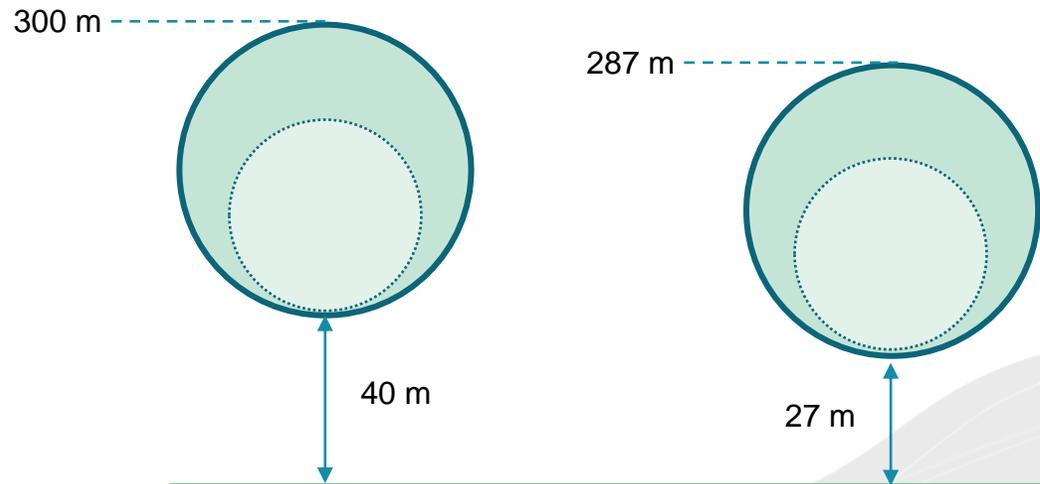
- Hauteur bas de pale : 27 m
- Hauteur bout de pale : 287 m

Tirant d'air maximum

Tirant d'air minimum

- Hauteur bas de pale : 40 m
- Hauteur bout de pale : 243 m

- Hauteur bas de pale : 27 m
- Hauteur bout de pale : 230 m



Effet sur le paysage

Une combinaison de variables continues au sein d'un invariant
(zone d'implantation de 50 km²)

Identification du scénario maximisant en plusieurs étapes :
Le critère maximisant est-il le nombre d'éoliennes ou la hauteur en bout de pale ?



2 scénarios étudiés et comparaison des résultats

Effet sur le paysage

Variables à considérer :

- **Puissance totale du parc :** *Plus la puissance totale du parc est importante, plus le nombre d'éolienne de même puissance est important*
 - **Nombre d'éoliennes :** *Plus la puissance de l'éolienne est importante, plus le nombre d'éoliennes est faible*
- **Diamètre du rotor :** *plus la puissance de l'éolienne est importante et plus le diamètre du rotor est important et plus la hauteur en bout de pale est importante*



Définition du scénario maximisant à partir de variables continues



Prise en compte du **nombre d'éoliennes maximal** associé à une hauteur bout de pale moindre

On favorise la hauteur des éoliennes

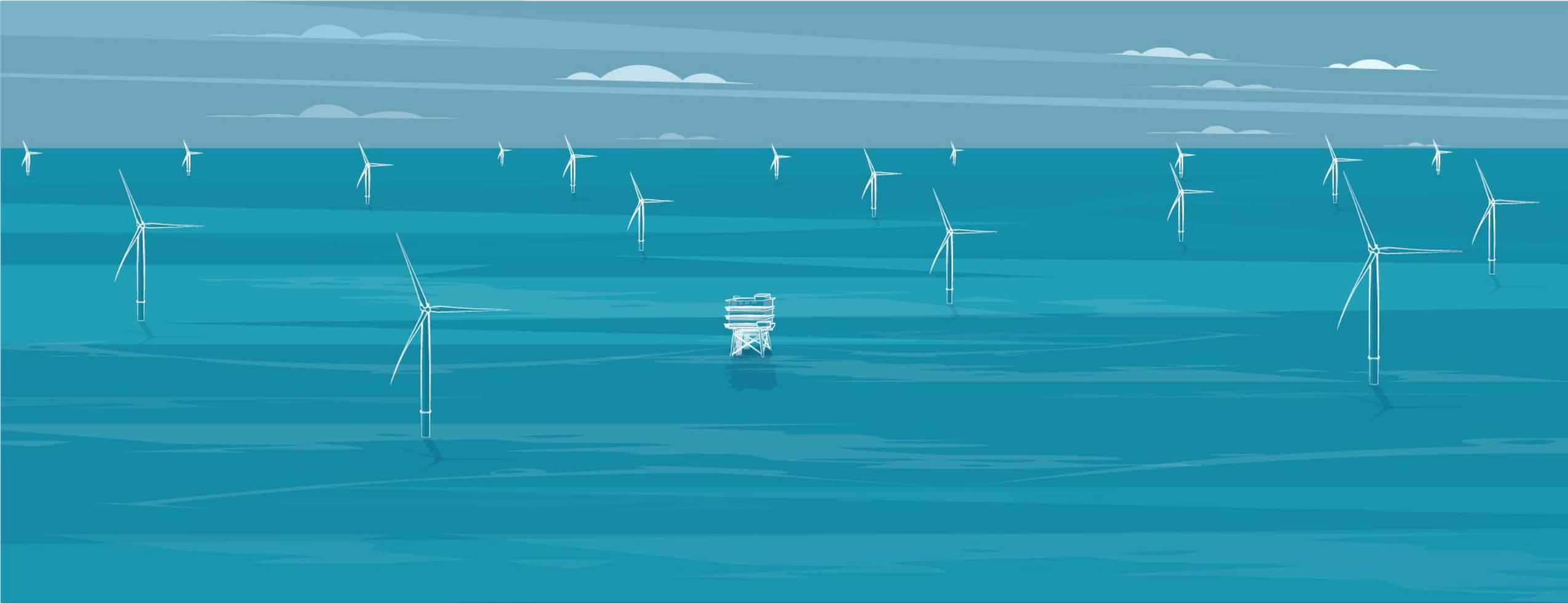
- Nombre d'éoliennes : 46
- Hauteur bout de pale : 243 m



Prise en compte de la **hauteur en bout de pale maximale** associée à un nombre d'éoliennes moindre

On favorise le nombre d'éoliennes

- Nombre d'éoliennes : 35
- Hauteur bout de pale : 300 m



PARTIE

VI

Conclusion et perspectives