



# ASSEMBLÉE RÉGIONALE MER • ET LITTORAL

**21 janvier 2019**



## SOMMAIRE

<b>OUVERTURE</b>	<b>3</b>
Les 1ères avancées de la stratégie « Ambition maritime régionale »	3
Le sens de la démarche et le programme de travail de l'ARML en 2019	8
	
<b>LE CONTEXTE GÉNÉRAL</b>	<b>10</b>
Les parcs en service et projetés en Europe et dans le monde	11
La place de l'éolien en mer dans le mix énergétique (PPE) et le cadre réglementaire	21
Echanges avec la salle	29
	
<b>LES TECHNOLOGIES</b>	<b>33</b>
Les caractéristiques des deux parcs posés au large de la région	34
Les raccordements	43
Les verrous technologiques	51
Description des technologies	65
Echanges avec la salle	76
	
<b>LES ENJEUX EN TERMES DE FILIÈRE</b>	<b>85</b>
Recherche et innovation	85
Production – maintenance industrielle	103
Transport - logistique	119
Emploi - formation	124
Echanges avec la salle	131

## ACCUEIL

### Bernard de CASTELBAJAC

Bonjour à tous et merci d'avoir répondu présent une nouvelle fois. Dans vos dossiers, vous avez le menu, vous allez voir qu'il est assez copieux. Je vous propose donc sans plus tarder d'ouvrir la séance. Je demande à Claire HUGUES et à Sébastien PILARD de bien vouloir rejoindre la scène pour les interventions introductives.



### **Intervention de Madame Claire HUGUES, Conseillère régionale**

#### **Les 1ères avancées de la stratégie « Ambition maritime régionale »**

Je suis arrivée très en retard, et je n'ai salué quasiment personne, donc je vous souhaite la bienvenue ici. Merci pour votre présence. J'en profite, puisque nous ne sommes que le 21 janvier, pour vous souhaiter tous mes vœux pour cette nouvelle année. Je le souhaite à beaucoup de gens mais ici, cela me paraît approprié, je vous souhaite à tous une année de réussite collective.

Nous sommes réunis aujourd'hui pour un atelier plus précis autour des énergies marines renouvelables. Avant chaque atelier de cette assemblée Mer et Littoral – nous en aurons d'autres dans l'année – nous souhaitons à chaque fois réaliser un point de l'avancée de notre stratégie ambition maritime régionale. Je vais essayer de vous présenter un aperçu des actions emblématiques, révélatrices de notre volonté de mettre en œuvre rapidement cette ambition maritime, que nous avons adoptée en juin dernier.

En bref rappel, notre stratégie maritime régionale est axée autour de trois piliers :

- valoriser notre identité maritime,
- répondre aux défis de la croissance bleue,
- protéger et mettre en valeur la mer et le littoral.

## Valoriser notre identité maritime



- ONPL et Angers Nantes Opéra
- Pays de la Loire, une terre fluviale et maritime
- La Mer XXL et Débords de Loire
- Inventaire du patrimoine des ports
- Pacte éducatif régional

Concernant le premier pilier plus spécifique à la culture, le patrimoine, les événements, les occasions de valoriser notre identité maritime se multiplient. Autour de l'Orchestre national des Pays de la Loire Angers–Nantes Opéra, des pourparlers sont en cours avec les villes littorales en vue d'accueillir une tournée de l'ONPL sur un thème maritime. Par ailleurs, les retransmissions de l'opéra *Le vaisseau fantôme* sur des écrans de plage, ainsi que des concerts de chants marins, auront lieu au cours de l'été 2019.

L'appel à projet « Pays de la Loire, terre fluviale et maritime » a été lancé en octobre 2018. L'objectif est de susciter, dès 2019, des projets festifs et grand public pour valoriser les patrimoines fluviaux et maritimes.

« La mer XXL », événement incontournable de l'année 2019. La présence régionale sera dédiée à la valorisation des formations et des métiers de la mer. De ce fait, le stand de la Région des Pays de la Loire sera implanté dans le hall XXL consacré à cette thématique et de nombreuses animations originales sont en préparation, mêlant orientation professionnelle et approche ludique et spectaculaire – du moins est-ce l'ambition. Un exemple, la valorisation croisée des vieux gréements et des foils, des métiers issus de la tradition aux métiers d'avenir.

L'inventaire du patrimoine des ports : cette étude de l'inventaire décrira la variété des usages – ports de défense, de commerce, de pêche, de plaisance. Elle concernera les aménagements portuaires mais aussi l'urbanisme et l'habitat, les bateaux et plus largement la culture et les activités liées aux ports.

Enfin, dans ce registre de l'identité maritime se trouve le « Pacte éducatif régional ». Deux premiers projets d'action éducative ligérienne, à dimension maritime et littorale, ont été retenus à ce jour pour l'année scolaire 2018-2019. Le premier est au sein du lycée RACAN du Château-du-Loir. Il va organiser pour ses classes de 1<sup>ère</sup> un voyage d'étude autour de « Nantes-Saint-Nazaire, métropole régionale portuaire ». Peut-être plus attendu, le lycée Olivier GUICHARD de Guérande organise, pour plusieurs classes de 1<sup>ère</sup> et de Terminale, une série d'animations, reportages, projections, débats autour des enjeux du littoral, en lien avec les filières aquacoles et de culture marines.

## Répondre aux défis de la croissance bleue



- Un nouveau pacte pour l'avenir du Grand Port
- Le Technocampus Energie des Océans
- L'extension du bassin océanique NEMO
- Des appels à solution « RéSolutions » pour la pêche et l'aquaculture et pour la croissance bleue

Le deuxième pilier est « Les défis de la croissance bleue ». Le premier point sur lequel nous souhaitons faire un zoom cet après-midi est le nouveau « Pacte pour l'avenir du grand port ». Depuis plusieurs mois, la Région conduit une réflexion approfondie sur l'avenir du port avec le Département de Loire Atlantique, Nantes Métropole et la Carène. En effet, entre le *statu quo* actuel jugé insatisfaisant et une régionalisation qui n'est pas revendiquée par la Région, un espace existe pour alléger la gestion quotidienne et revisiter le projet stratégique du grand port et son modèle économique par une diversification des activités et des ressources. L'objectif est de conférer au port une plus grande latitude exécutive, de définir une gouvernance stratégique souple et de confirmer la responsabilité que l'État doit assumer.

Dans cette perspective, nous proposons à l'État une évolution inédite : bâtir un port d'Etat à gouvernance territoriale où les collectivités, avec la Région comme chef de file, disposeraient de la majorité des voix au sein du conseil de surveillance. L'*hinterland* naturel du port recouvrant tout autant les Pays de la Loire qu'une partie de la Bretagne, nous avons proposé à la Bretagne d'intégrer la gouvernance du grand port, et de s'associer à l'initiative « *Be my port* » lancée en septembre dernier. Cet exemple illustre notre volonté d'avancer concrètement sur des coopérations ciblées avec la Bretagne.

Sur le point de la recherche et de l'innovation, l'objectif est de conforter notre avance dans le *manufacturing* et le génie océanique. La Région des Pays de la Loire participe activement à la création d'un nouveau technocampus sur les énergies marines renouvelables, le technocampus Energie des océans. Des discussions sont en cours avec General Electric, qui a installé son centre de recherche sur les EMR pour le moment au centre de Nantes, avec l'objectif de le déplacer sur le campus Industrie du futur. Cette opération se traduirait par l'implantation de 300 salariés General Electric sur le site. EDF-Renouvelable a également prévu d'y implanter son centre régional de contrôle des champs éoliens en mer.

La Région demande par ailleurs à l'Etat d'accompagner financièrement, dans le cadre du Contrat d'avenir, la réalisation du projet d'extension du bassin océanique NEMO (Centre d'expérimentation pour les systèmes navals, les énergies marines et le génie océanique). L'objectif du projet, porté par l'Ecole

Centrale de Nantes, est de renforcer les capacités des moyens d'essais nationaux en hydrodynamique marine afin de répondre aux nouveaux défis associés au développement des EMR.

En 2016, la Région a lancé « RéSolutions », un concours résolument novateur, dont le succès a été immédiat et ne cesse de croître. Onze appels à solutions ont déjà été lancés sur des thématiques jugées prioritaires dans lesquelles se retrouvent la croissance bleue, l'industrie, le bâtiment, l'agriculture, le tourisme, l'économie circulaire, les nouvelles mobilités. Sur les sujets qui nous préoccupent autour de l'ambition maritime régionale, en 2019–2020, deux appels à solutions parmi les six nous concerneront : un sur la pêche et l'aquaculture et un nouvel appel à solutions sur la croissance bleue.

## Répondre aux défis de la croissance bleue



- Une interprofession dans le secteur de la pêche
- Le rayonnement international de la pêche et de l'aquaculture ligérienne
- La préfiguration du cluster nautisme
- L'appel à projets « ports à sec »
- La déconstruction des bateaux de plaisance

Concernant la pêche et l'aquaculture – j'essaye de faire vite pour ne pas manger sur le reste du temps mais il me paraissait important de faire un point d'étape – la Région s'est fixé en particulier pour objectif de créer une interprofession dans le secteur de la pêche, en vue de structurer cette filière, de fédérer les différents maillons. Dans cette perspective, le SMIDAP en collaboration avec le COREPEM a mené une étude préalable pour identifier les acteurs intéressés. Les sujets pourront être traités par une telle structure (et nous avons un bon retour), l'objectif étant de proposer un mode d'organisation et de gouvernance et définir les étapes-clés de la création d'une telle structure, pour laquelle se manifeste beaucoup d'intérêt.

Au titre du rayonnement international, qui était notre deuxième pilier sur ce sujet, citons la délégation ligérienne qui a participé en avril 2018 au salon SEAFOOD à Bruxelles. Nous allons renouveler en 2019 cette délégation. Un autre exemple est la mission économique au Maghreb, ciblée sur l'Algérie et le Maroc, et la participation, à Alger, au salon international de la pêche et de l'aquaculture début novembre 2018, qui ont permis de conforter des synergies avec l'Algérie sur le secteur de la pêche en vue de relations économiques durables. Le COREPEM, France Naissain et Navalu participaient à la délégation ligérienne.

La Région met par ailleurs en œuvre les mesures régionalisées du FEAMP. Le retard initial a été rattrapé : à ce jour, 99 dossiers sont programmés, et 58 ont déjà été payés pour un montant global de

plus de 2,9 M€ de FEAMP. Nous avons ainsi évité pour 2018 le dégagement d'office, et nous sommes déjà en discussions actives pour préparer le mieux possible le FEAMP 2020.

Concernant la filière nautique et tourisme, après avoir lancé en 2017 un nouvel appel à projets « Tourisme nautique 2020 », ciblant l'amélioration de la qualité de l'accueil dans les centres nautiques et leur diversification vers de nouvelles pratiques innovantes (comme les *foils*), la Région poursuivra cette action en 2019.

Dans le cadre du plan d'actions pour l'avenir du nautisme, des actions sont d'ores et déjà mise en œuvre :

- la préfiguration d'un *cluster* nautisme dans le but de structurer la filière en développant une offre de service complète aux entreprises ;
- le lancement d'appels à projets pour le financement de l'innovation dans les ports de plaisance. En septembre 2018, la Région a lancé un appel à projets sur le port à sec pour inciter au développement d'un nouveau modèle portuaire, innovant, adapté aux nouveaux usages de la plaisance, plus respectueux de l'environnement et en cohérence avec l'offre portuaire régionale ;
- L'émergence d'une filière d'excellence de la déconstruction et du recyclage des bateaux de plaisance : la Région des Pays de la Loire souhaite devenir un territoire *leader* en la matière. Pour ce faire, nous mettrons en place une action, en partenariat avec les ports et les centres nautiques notamment, pour faciliter la collecte et financer le transport des bateaux de plaisance hors d'usage qui représentent un coût important pour le dernier détenteur qui en a la charge.

## Protéger et mettre en valeur la mer et le littoral



- Le projet européen LIFE intégré pour la reconquête de la qualité des masses d'eau
- Une nouvelle convention littoral
- Une charte de partenariat avec l'Observatoire régional des risques côtiers

Le dernier point, qui constitue un acte majeur de notre troisième pilier, est la reconquête de la qualité de l'eau. Je vous rappelle le chiffre : aujourd'hui, seuls 11 % des eaux, cours d'eau et nappes phréatiques des Pays de la Loire sont classés en bon état écologique, en net retrait par rapport aux autres régions du bassin Loire-Bretagne, ou à la moyenne nationale qui est de 43 %. L'objectif fixé par l'Union européenne pour notre région est de 37 % à l'horizon 2021, ce qui souligne l'ampleur de l'effort à accomplir collectivement. La qualité des eaux littorales est directement liée à celle des eaux douces qui s'y déversent. Elle est essentielle, en particulier pour l'aquaculture, véritable sentinelle en la matière.

La mobilisation collective est amorcée à travers plusieurs initiatives. Je voudrais citer :

- la signature en juillet 2017, d'une convention avec l'Agence de l'eau ;
- un projet européen LIFE intégré pour la reconquête des masses d'eau, d'ores et déjà présélectionné par l'Union européenne, dont le dossier complet sera déposé en mars 2019 ;
- l'installation d'une conférence ligérienne de l'eau, réunissant l'ensemble des acteurs de l'eau en Pays de la Loire ;
- et la demande à l'État, d'un effort financier et technique exceptionnel au profit des Pays de la Loire, dans le cadre du Contrat d'avenir.

Par ailleurs, une nouvelle Convention littorale régionale 2019-2020 a été signée avec l'État, et le partenariat avec l'Observatoire régional des risques côtiers est renouvelé, avec la signature d'une charte.

Mon intervention était un peu express et à la Prévert mais nous souhaitons tout de même réaliser un point étape comme nous le ferons à chaque fois, pour indiquer ce qui avance au regard des engagements que nous avons pris dans le cadre de l'ambition maritime régionale. Je vais laisser la parole à Sébastien PILARD, mon collègue, pour l'introduction plus spécifique des ateliers du jour.

*Applaudissements.*



## **Intervention de Monsieur Sébastien PILARD, Conseiller régional**

### **Le sens de la démarche et le programme de travail de l'ARML en 2019**

Bonjour à tous et merci d'être aussi nombreux aujourd'hui. Bonne année à tous, pour ceux que je n'ai pas eu l'occasion de voir. Je vais faire très vite car je crois que l'agenda est très chargé, et j'espère que vous allez me comprendre, car l'année commence pour moi avec un gros rhume. Je vais essayer d'être audible.

En 2010, nous avons eu une consultation de concertation pour le champ de Guérande et des deux îles ; en 2015, des concertations ont eu lieu pour le projet flottant sur l'île de Groix. Maintenant, l'idée est de préparer l'avenir à travers la recherche de nouveaux sites potentiels de moindre contrainte, posés ou flottants, le tout dans une perspective nationale où nous devons tous viser le même objectif : la transition énergétique qui prévoit au plan national, 32 % d'énergies renouvelables à horizon 2030.

Pour notre région, et pour atteindre cet objectif, l'éolien flottant ou posé maritime est fondamental. Notre Région regarde l'éolien maritime dans une perspective de transition énergétique mais aussi, comme nous l'avons toujours annoncé, dans une perspective économique et industrielle. Il nous semble donc très important de renforcer cette filière qui est naissante, émergente, qui se doit d'être consolidée. Notre Région a une responsabilité particulière dans cette perspective car nous avons ce rôle de leadership que vous connaissez.

Pour cette raison notre Présidente de Région, Christelle MORANCAIS, a voulu être chef de file pour, avec l'ensemble des autres Régions, et dans le cadre de la discussion sur la PPE, essayer d'augmenter l'ambition, notamment dans l'éolien maritime, dans une sorte de pré-PPE qui a été présentée en novembre dernier. Dans cette perspective, je souhaite d'ailleurs remercier la présence de la DGEC avec Monsieur Louis du PASQUIER. Il est souvent reproché à l'État de ne pas venir dans les régions, donc merci d'être présent parmi nous. Je sais que vous connaissez déjà notre région et cela permettra de voir que l'ensemble des acteurs discute ensemble et sont orientés vers une même perspective, pour que la mer soit au service de tous. C'est ce qui nous semble le plus important.

La PPE fera l'objet d'une présentation dans l'après-midi. Même si ce n'est pas le sujet direct de cet après-midi, il nous semblait important d'en comprendre les tenants et les aboutissants, les objectifs, et que chacun ait les idées claires au sujet de la PPE. De notre côté, nous sommes attendus sur ce que l'on appellerait – pour faire très vite- « l'aménagement du territoire maritime », la planification. Elle est l'étape préalable, en amont de la phase d'appel d'offres, pour de nouveaux champs potentiels de moindre contrainte. Pour cette raison, nous devons en discuter entre nous pour fixer des objectifs communs et identifier les contraintes de chacun. Ce sujet n'est pas que régional, il est un sujet de façade et nos objectifs et réflexions devront être partagés à un moment ou à un autre, et assez en amont, avec nos amis bretons.

Pour entrer dans cette démarche d'aménageur du territoire maritime, pour comprendre les contraintes de chacun, quelles que soient nos casquettes, cette étape préalable nous a semblé fondamentale. Elle se continuera au cours du premier semestre 2019, pour que chacun puisse devenir expert de l'ensemble des domaines ou, du moins, acquérir un degré de connaissance suffisant. Avant de pouvoir converger, chacun doit pouvoir se comprendre. Pour se comprendre, nous devons acquérir une compréhension des domaines de compétences de son voisin, pour pouvoir en discuter, pour comprendre les contraintes de chacun, pour nous permettre de converger. Nous ne tomberons pas forcément d'accord car parfois, nous pouvons ne pas être d'accord mais du moins, que nous sachions pourquoi nous sommes en désaccord. Ce qui nous semble fondamental est d'apprendre à discuter et à comprendre les enjeux des autres.

Aujourd'hui, nous allons passer l'après-midi sur l'état de l'art en matière d'éolien en mer. Le 25 mars\*, nous passerons la journée sur les enjeux environnementaux et le 27 mai\*, sur la pêche, le transport, la plaisance et la conciliation des usages. Si nous identifions d'autres sujets pour aller plus loin, nous pourrions rajouter des dates à cet agenda pour entrer ensuite dans une période de définition de l'aménagement du territoire maritime. Nous pourrions alors commencer à ouvrir sur le positionnement de la façade de la région, si possible avec la Région Bretagne dans une perspective de convergence en vue de futurs appels d'offres pour l'éolien posé ou flottant.

Je vous remercie, bon après-midi et nous comptons sur vous. Je laisse la parole à Frédéric.

*Applaudissements.*

*(\*) dates modifiées post-réunion : 29 avril et 1<sup>er</sup> juillet*



## LE CONTEXTE GÉNÉRAL

### Frédéric RAVILLY

Merci Claire, merci Sébastien. Je me présente, Frédéric RAVILLY, je fais partie de la technopole Atlanpole et je suis le relais du pôle Mer-Bretagne Atlantique en Région des Pays de la Loire. C'est moi qui vais vous accompagner cet après-midi. Je remercie tous les acteurs présents dans la salle, nous sommes plus de cent participants, ce qui prouve la volonté de dialoguer et de se mettre autour de la table. Le slogan de la Région n'est pas usurpé, « L'esprit grand ouvert » et vous le démontrez encore aujourd'hui.

Avant de rentrer dans le vif du sujet, je tiens à dire un mot de remerciement particulier aux contributeurs qui ont permis à cette journée d'exister. Plusieurs seront présents aujourd'hui devant vous, pas tous mais ils sont tous dans la salle et pourront contribuer activement aux discussions et échanges que nous avons voulus relativement importants.

Cet après-midi comportera trois temps. Nous allons commencer par les enjeux globaux, nous continuerons sur les problématiques plus technologiques, l'état de l'art des technologies existantes, et nous terminerons sur des sujets plus de R&D, perspectives, et les sujets connexes, sujets portuaires, d'emploi et de formation.

Sans plus attendre, je propose d'accueillir sur scène Anne GEORGELIN, responsable de la filière des énergies marines renouvelables au sein du SER, syndicat des énergies renouvelables. Ce syndicat regroupe environ 400 entreprises sur tout domaine lié aux énergies renouvelables, et une centaine d'entreprises sur les énergies marines renouvelables, en particulier. J'invite également Monsieur du PASQUIER à nous rejoindre et à s'installer sur scène pour la deuxième intervention de ce premier temps.

Chaque temps sera ponctué d'échanges et de questions, nous nous laissons volontairement du temps, 25 à 30 minutes. Nous aurons beaucoup d'informations cet après-midi, avec une quinzaine d'intervenants. Cela est beaucoup, nous en sommes conscients mais il nous paraissait important de dresser un état des lieux relativement complets. Après chaque temps, vous aurez environ une demi-heure pour échanger. Notez bien les questions au fur et à mesure car vous pourrez les poser à l'issue des différentes interventions. Anne, je vous laisse la parole pour une dizaine de minutes.



## Les parcs en service et projetés en France, en Europe et dans le monde

### Anne GEORGELIN

Bonjour à tous. Merci de m'avoir donné l'occasion de faire cette présentation. Pour commencer cette séance, je vous propose une mise en perspective française et européenne du développement de l'éolien en mer.

### Introduction

- Pourquoi aller en mer ?

Plus de vent	L'énergie du vent = $f(\text{vitesse du vent})^3$ → 25% de vent en plus = 2 fois plus d'électricité
Vent plus stable	Moins de relief = moins de turbulences
Eoliennes plus puissantes	Unité de 6 à 8 MW contre 3-4 MW à terre
Beaucoup plus d'électricité	1 éolienne en mer de 8MW ~ 30 millions de kWh (consommation électrique de 10 000 habitants)



Tout d'abord, pourquoi aller en mer ? Sans être trop technique, l'énergie que nous pouvons extraire du vent est proportionnelle au cube de la vitesse de ce vent. Cela signifie que, pour une éolienne située dans une zone dont le vent va 25 % plus vite, nous n'aurons pas une production électrique de 25 % plus importante, mais deux fois plus importante, ce qui est très significatif. En mer, nous avons moins de reliefs et moins de turbulences, donc des vents plus stables et une production plus régulière. L'espace marin permet aussi d'installer des éoliennes plus grandes et plus de machines dans un même parc. Nous pouvons donc compter sur l'éolien en mer pour une production d'énergie renouvelable massive, dans des installations importantes.

## L'éolien en mer en Europe : historique

- Le premier parc éolien en mer a été installé en 1991 au Danemark. Ce parc, appelé Vindeby, était composé de 10 éoliennes de 450 kW chacune.



Il a été démantelé en 2017.



Concrètement, une éolienne en mer de 8 MW peut assurer la consommation électrique d'environ 10 000 habitants avec une seule machine. L'éolien en mer s'est fondamentalement développé en Europe. Pour preuve, la première éolienne en mer a été installée en 1991 au Danemark. Le parc qui s'appelait *Vindeby*, comptait 10 éoliennes de 450 kW chacune, ce qui est assez peu par rapport à maintenant. Il a produit pendant 26 ans et a été démantelé en 2017, il y a à peine deux ans.

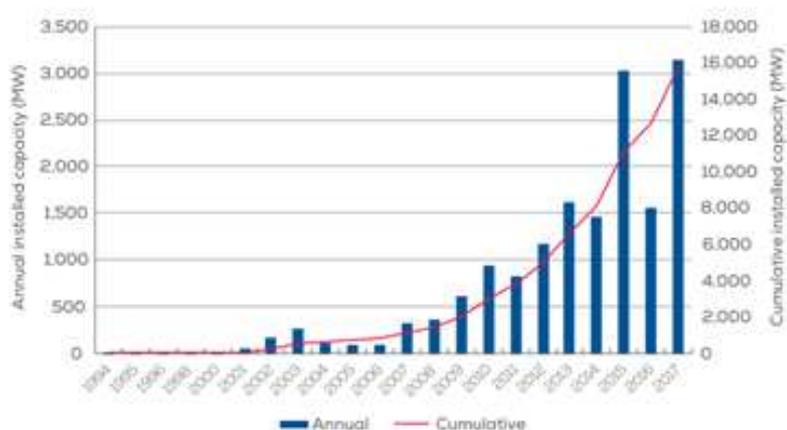
## L'éolien en mer en Europe : aujourd'hui

Depuis 1991, l'éolien en mer s'est largement développé en Europe – si bien que fin 2018, on comptait en Europe :

16 877 MW installés

Plus de 4 500 turbines connectées au réseau électrique

98 parcs éoliens en fonctionnement



Source: WindEurope



Depuis 1991, l'éolien en mer s'est largement développé en Europe si bien, que fin 2018 – les chiffres ne sont pas tout à fait au 31 décembre car nous n'en disposons pas encore – l'Europe comptait 98 parcs éoliens en mer en fonctionnement, soit environ 5 000 turbines raccordées au réseau pour une puissance totale de 17 000 MW. Le graphique montre aussi que l'éolien se développe de manière significative depuis 2009–2010, avec des puissances importantes raccordées au réseau.

Remarquons de plus que, si l'éolien en mer s'est développé ces dernières années, nous le devons à des politiques nationales volontaristes qui ont soutenu cette énergie, notamment sur un plan financier, pour permettre l'émergence d'une nouvelle forme de production d'électricité renouvelable sur notre réseau européen. Ces 5 000 machines se situent essentiellement en mer du Nord et mer Baltique, donc plutôt en Europe du Nord, et elles sont raccordées au Royaume-Uni, qui est aujourd'hui le premier marché éolien en mer, mais aussi en Allemagne et au Danemark.

### L'éolien en mer en Europe : quelques statistiques

Le marché de l'éolien en mer est aujourd'hui concentré en Europe, et principalement au Royaume-Uni, en Allemagne et au Danemark.



Carte des parcs éoliens en mer en fonctionnement en Europe (09/05/2012) – Source WindEurope

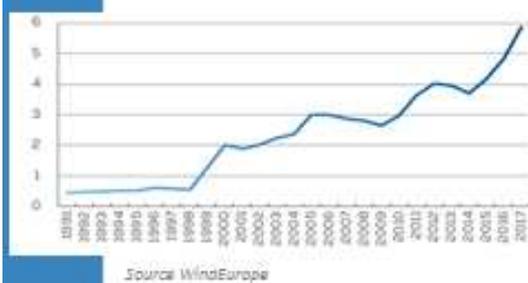
En aparté, la quasi-totalité de ces éoliennes sont sur des fondations posées. Nous parlerons de l'éolien flottant tout à l'heure, mais aujourd'hui il ne représente que quelques parcs car la technologie a émergé plus tard.

## L'éolien en mer en Europe : retour d'expérience

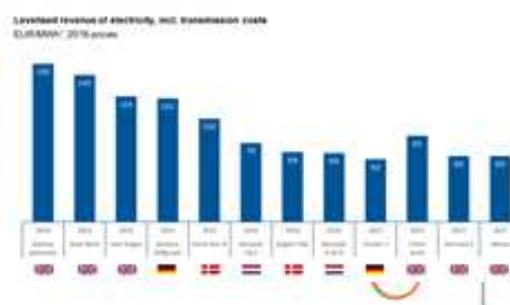
Cet important développement de l'éolien en mer en Europe a conduit à de nombreux retours d'expérience :

- Augmentation de la taille, de la puissance des turbines et amélioration de leur performance ;
- Retours d'expérience quant à l'impact environnemental des parcs éoliens en mer et la coexistence des usages, notamment avec les activités de pêche ;
- Optimisations des moyens d'installation et de maintenance ;
- Forte baisse des coûts et importants gains de compétitivité.

Evolution de la puissance unitaire moyenne des machines installées chaque année en Europe :



Evolution du LCOE des parcs éoliens en mer – année de sélection des projets à l'issue d'une mise en concurrence :



Toutes ces éoliennes et ces plus de dix ans d'expérience, nous permettent d'avoir des éléments en retour d'expérience, dont nous pouvons tirer parti en France et en Europe. Le premier point important, les machines aujourd'hui installées ont beaucoup évolué depuis 1991, notamment leur puissance unitaire a largement évolué. Les machines d'aujourd'hui sont plus grandes, plus performantes, et plus puissantes. Il y a dix ou quinze ans, les machines étaient autour de 1 ou 2 MW chacune, celles qui sont installées aujourd'hui sont de l'ordre de 6 MW, et l'on annonce déjà sur le marché des machines de 10 à 12 MW. Nous devons attendre encore quelques années avant que ces dernières ne soient installées.

D'autres retours d'expériences intéressants ont été obtenus sur l'environnement. Nous avons pu confronter les études réalisées, avec plusieurs années de données collectées. Sur la coexistence des usages, nous voyons comment peuvent coexister différentes activités entre les parcs éoliens en mer, et notamment les activités de pêche. Du côté des moyens d'installation et de maintenance, ceux-ci ont été optimisés et spécialisés pour l'éolien en mer. Le corollaire est une forte baisse des coûts observés, et d'importants gains de compétitivité pour la filière.

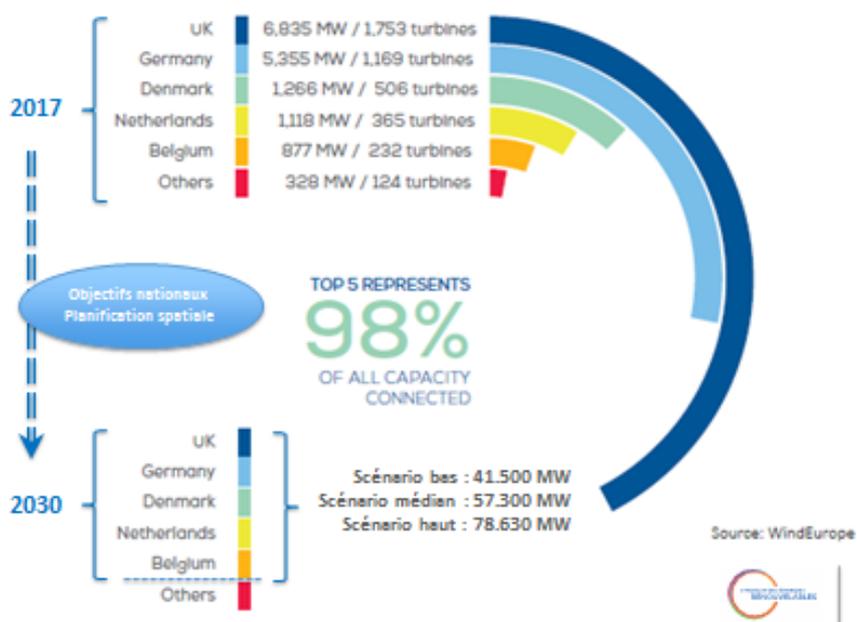
En effet, nous pouvons maintenant compter sur des moyens de production, des usines, dont les investissements sont amortis. Nous avons surtout eu un effet d'échelle important. Partis de quelques machines il y a quelques années, nous sommes maintenant sur une production en série massive qui permet des gains importants de compétitivité. Le graphique en bas à droite montre que, depuis 2015–2016, les niveaux de coût atteints sont très compétitifs pour l'éolien en mer, autour de 50–60 € du mégawatt/heure, à mettre en regard des différents cadres nationaux dans chacun des pays.

## L'éolien en mer en Europe : un marché encore en croissance



Carte des parcs éoliens en mer en fonctionnement, en construction, autorisés et planifiés en Europe (09/01/2018) — Source WindEurope

## L'éolien en mer en Europe : un marché encore en croissance



Cette perspective de compétitivité très forte, pour cette filière, est également intéressante. Nous anticipons donc un marché encore en croissance. Par rapport à la carte de tout à l'heure qui présentait uniquement les parcs en fonctionnement en rouge, les différents points bleus, verts et jaunes montrent les parcs qui sont soit autorisés, soit en construction, soit en cours d'autorisation, dans un marché européen qui va largement se développer dans les prochaines années. Alors que nous sommes à 17 000 MW aujourd'hui installés WindEurope, l'association européenne de l'éolien prévoit un scénario

médian à environ 57 000 MW d'ici 2030, dans un peu plus d'une dizaine d'années. Cela se base sur les scénarios assez volontaristes de certains Etats en Europe, qui ont été mis en place et laissent préfigurer ces différents chiffres.

## L'éolien en mer : au-delà de l'Europe, un marché mondial

Même si le marché européen concentre aujourd'hui la grande majorité du marché mondial de l'éolien en mer, d'importants développements sont en cours au-delà de l'Europe, et notamment :

- Aux Etats Unis
- En Chine
- En Inde
- A Taiwan
- Au Japon



Au-delà de l'Europe, nous observons depuis quelques années que le marché de l'éolien en mer s'internationalise. Au-delà des frontières européennes, deux grandes zones de marché se développent. En Asie par exemple, des projets existent en Chine, en Inde, à Taïwan et au Japon, il en existe aussi aux États-Unis.

Deux caractéristiques de ces nouveaux marchés leur sont communes, et importantes à garder en mémoire. Ces marchés vont vite entre la prise de décision d'un programme éolien et la concrétisation par des appels d'offres et des dates de mise en service, ils sont assez ambitieux. Ils vont vite. Ils lancent un projet et cela se fait très rapidement. Ils peuvent aussi compter sur une technologie désormais mûre qui s'est développée pendant plus de 15 ans en Europe. Deuxièmement, ces projets et marchés voient grand et mettent en jeu de grands volumes, 1 000 MW et plusieurs gigawatts planifiés dans le temps. Cela est intéressant, pour le marché européen qui va pouvoir exporter sur ces marchés, et parce que c'est une nouvelle concurrence qui émerge sur un marché de plus en plus international.

## L'éolien en mer posé en France : les projets en développement

A la suite de deux appels d'offres engagés en 2011 et 2013 par le ministère en charge de l'énergie, 6 parcs éoliens en mer sont aujourd'hui en cours de développement.

Appel d'offre	Zone	Département	Puissance	Lauréat
AO 2011 - 2012	Fécamp	Seine-Maritime	498 MW	Eolien Maritime France
	Courseulles-sur-Mer	Calvados	450 MW	Eolien Maritime France
	Saint-Nazaire	Loire-Atlantique	480 MW	Eolien Maritime France
	Saint-Brieuc	Côtes d'Armor	500 MW	Ailes Marines SAS
AO 2013-2014	Dieppe-Le Tréport	Seine-Maritime	496 MW	LEMS
	Yeu-Noirmoutier	Loire-Atlantique	496 MW	LEMS

Les offres des candidats ont été notées selon 3 critères :

- la qualité du projet industriel et social (40 %),
- le prix d'achat de l'électricité proposé (40 %),
- le respect de la mer et de ses usages (20 %).



En France, six parcs éoliens en mer sont aujourd'hui en développement selon une technologie posée. Pour quatre d'entre eux, ils ont été commencés entre 2011 et 2012 et pour deux d'entre eux, entre 2013 et 2014. Ces projets ont été attribués via un appel d'offres organisé par l'État. Cette mise en concurrence a permis d'allouer l'occupation du domaine public maritime, qui en France appartient à l'État, et d'octroyer à ces projets un cadre de soutien économique. Les porteurs de projets ont été sélectionnés selon trois critères :

- la qualité du projet industriel et social,
- le prix d'achat de l'électricité proposé,
- le respect de la mer et de ses usages.

## L'éolien en mer posé en France : les projets en développement

A ce jour :

- Les 4 projets issus du premier appel d'offres ont obtenu l'ensemble des autorisations administratives nécessaires – une phase de traitement de recours contentieux déposés à leur encontre est en cours.
- Les 2 projets issus du deuxième appel d'offres ont déposé leurs demandes d'autorisations, qui font l'objet d'une instruction en cours.
- Un troisième appel d'offres, initié en 2016, est actuellement en cours, pour le développement d'un projet (d'environ 500 MW) au large de Dunkerque. La sélection du lauréat est attendue en 2019.

Leur mise en service est prévue entre 2021 et 2023.

Un investissement total de plus de 10 milliards d'euros

L'installation d'environ 400 éoliennes ;

Une capacité de production de 3 000 MW ;

Une production annuelle de 10,2 TWh ...

... soit près de 2% de la production électrique nationale.



Sur ces six projets, deux sont situés en région des Pays de la Loire, à Saint-Nazaire et entre les îles d'Yeu et de Noirmoutier. Les quatre autres sont à Fécamp, Saint-Brieuc, Courseulles-sur-Mer et Dieppe–le Tréport. Aujourd'hui, ils sont en phase de développement. Quatre d'entre eux, les premiers, ont obtenu les autorisations et gèrent aujourd'hui une phase de recours émis à leur encontre – phase juridique – et les deux projets suivants sont en cours d'obtention des autorisations. Les études ont été réalisées et les demandes d'autorisation sont en cours d'instruction du côté de l'État. Un troisième appel d'offres est en cours pour la zone de Dunkerque. En fonction de l'avancée des procédures d'instruction ou de recours, ils seront mis en service dans les prochaines années. Je sais que les porteurs de projet de la région Pays de la Loire y reviendront tout à l'heure.

Quelques chiffres sont à connaître sur ces grands projets. Au total, l'investissement représente environ 10 milliards d'euros, soit 2 milliards d'euros par projet. Ce sont de grands projets d'infrastructures au regard d'autres filières que vous pouvez connaître, qu'elles soient maritime ou autre. L'installation de 400 éoliennes signifie 400 composants pour chacune de ces éoliennes, et une capacité de production d'environ 3 000 MW. Si 3 000 MW ne vous disent pas grand-chose, on peut se représenter le fait que ces six parcs, quand ils seront mis en service, pourront couvrir 2 % de la production électrique nationale.



Nous voyons déjà les résultats de ces engagements se concrétiser. Le premier exemple, qui concerne directement le territoire ligérien, est l'usine General Electric à Montoir de Bretagne, qui a ouvert il y a quelques années et qui a déjà produit, avant même de produire pour ces premiers parcs éoliens en mer. Plus récemment, l'usine de pales qui fabrique des pales éoliennes en mer à Cherbourg, de LM WindPower, construite en 2018, a recruté cent personnes et devrait produire ces premières pales éoliennes en mer en 2019.

Pour illustration, j'ai indiqué ce que ces six premiers projets en France représentent en emplois, et surtout en régions Bretagne, Normandie et Pays de la Loire. Nous y voyons les différentes implantations industrielles associées à ces projets. Un chiffre intéressant est celui des 15 000 emplois associés à la construction et la mise en service de ces premiers parcs. Ces emplois ne sont pas encore concrétisés mais ils le seront en phase de construction et d'installation. Puis des emplois moins nombreux mais plus pérennes seront associés à la phase de maintenance de chacun de ces parcs.

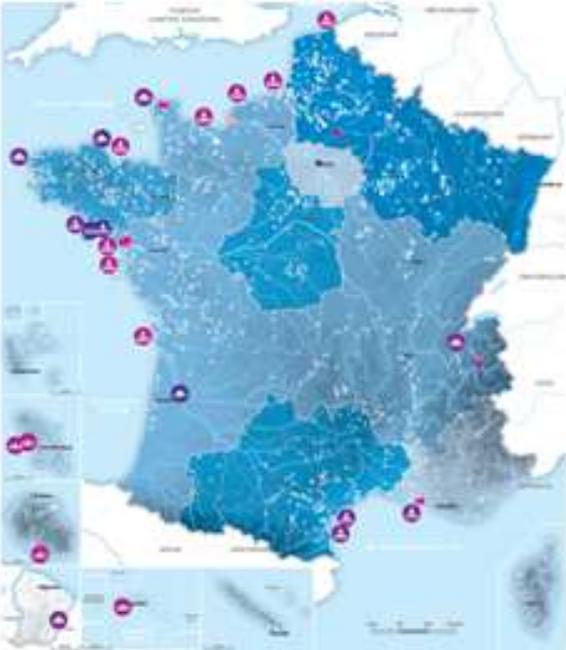
Pour conclure sur cette partie emploi dans une vision internationale, nous avons une perspective sur ces 15 000 emplois pour les premiers parcs. En Allemagne, la filière éolien en mer avec un certain nombre de projets déjà développés et aujourd'hui en service, correspondait en 2016 à 27 000 emplois existants et désormais pérennisés par la continuité des projets qui se succèdent dans les eaux allemandes.

**L'éolien en mer flottant en France : les projets en développement**

Concernant l'éolien en mer flottant, l'Etat a lancé en 2015, par l'intermédiaire de l'ADEME, un appel à projet pour le déploiement de fermes pilotes éolien flottant en mer, à l'issue duquel quatre lauréats ont été désignés :

- Les éoliennes de Groix** : totf, CDN Energy Europe avec des turbines GE et des flotteurs Naval-Énergie et Vinci  
4 turbines de 6 MW
- Éoliennes flottantes du Golfe du Lion (EGL)** : ENDE, EDF, Caisse des Dépôts avec des turbines GE et des flotteurs Billaga et Principia Powering  
4 turbines de 6 MW
- ÉOLMED** : Quadren avec des turbines Servion et des flotteurs Idéal et Souvignat TP  
4 turbines de 6 MW
- Provence Grand Large (PGL)** : EDF-EN avec des turbines Siemens et des flotteurs SEM Offshore et IFF-EN  
2 turbines de 6 MW

**Installation pilote flottante (ZMW)**  
Première éolienne flottante installée au large des côtes françaises, sur le site d'essai SEM-REX au large du Cotentin.



Je finis par un point sur l'éolien en mer flottant. Cette technologie est un peu moins mûre et plus nouvelle, nous avons lancé des projets dédiés qui sont des projets pilotes. Cette perspective est enrichissante car ces projets sont plus petits, de trois à quatre éoliennes seulement, comparés aux plus grands projets de quatre-vingts à cent éoliennes. Mais ils doivent permettre de préfigurer la phase

commerciale, donc de plus grandes installations, pour valider la technologie et l'économie des différents projets. Au niveau français, nous sommes plutôt bien positionnés sur cette technologie. Parmi les parcs en fonctionnement, seuls quelques-uns correspondent à des parcs éoliens en mer flottant.

Tout près d'ici, au Croisic, sur le site d'essai du SEM-REV, la première éolienne flottante installée en France est un démonstrateur. Elle devrait être suivie dans les deux ou trois prochaines années par l'installation de ces fermes pilotes qui sont aujourd'hui en cours d'instruction administrative. Elles seront installées, pour trois d'entre elles, en Méditerranée, et pour une, au large de Groix et Belle-Ile sur la façade atlantique. J'en ai fini pour ce tour d'horizon et cette mise en perspective. Je vous remercie.



## **La place de l'éolien en mer dans le mix énergétique (PPE) et le cadre réglementaire**

### **Frédéric RAVILLY**

Parfait vous êtes exactement dans le timing. Nous allons demander aux autres intervenants d'être aussi vertueux. Monsieur Louis du PASQUIER, nous allons vous laisser la parole. Vous êtes le Chef du Bureau des énergies renouvelables hydrauliques et maritimes au sein de la DGEC (Direction générale des énergies et du climat) du Ministère de la transition écologique et solidaire. Nous vous laissons la parole pour quinze minutes.

### **Louis du PASQUIER**

Merci beaucoup, je vais essayer d'être aussi ponctuel qu'Anne GEORGELIN. Merci pour cette invitation, merci à la fois aux services déconcentrés de l'État et à la Région Pays de la Loire qui nous a proposé de venir présenter les dernières réformes des procédures de l'éolien en mer. Comme cela a été mentionné en introduction, je dirai quelques mots de la programmation pluriannuelle de l'énergie, même si ce n'est pas le sujet du jour. J'en dirai quelques mots d'actualité.

Mais d'abord quelques mots d'introduction, sur les objectifs puis sur les spécificités des énergies marines renouvelables en mer que je vais présenter et qu'Anne GEORGELIN a déjà présentés. Le cœur de cette présentation sera de vous parler des réformes qui ont eu lieu sur l'éolien en mer, qui ont pour but d'accélérer, de simplifier et de faciliter le développement de ces technologies qui, comme vous l'avez constaté, mettent pas mal de temps à émerger. J'aurai un dernier point sur la Programmation pluriannuelle de l'énergie et la stratégie nationale bas-carbone.

## Introduction

- La loi de transition énergétique pour la croissance verte fixe un objectif de 32 % d'énergies renouvelables et 40% d'électricité renouvelable d'ici 2030.
- Les énergies renouvelables en mer sont une composante majeure de la transition énergétique, principalement via l'éolien en mer, posé et flottant.
- En mer, le vent est plus régulier et plus fort qu'à terre, et les éoliennes fonctionnent en moyenne deux fois plus qu'à terre, et les éoliennes en mer sont deux à trois fois plus grandes qu'à terre.
- Six parcs éoliens off shore ont été attribués par deux appels d'offres en 2012 et 2014, un troisième appel d'offres est en cours à Dunkerque.



3

En introduction, nous sommes dans le cadre des objectifs de développement des énergies renouvelables fixés par la loi de transition énergétique : 32 % d'énergies renouvelables et 40 % d'électricité renouvelable en 2030. Du fait de leur spécificité, les énergies renouvelables en mer ont un rôle très important à jouer dans cette transition énergétique, principalement à travers l'éolien en mer, posé et flottant. Je ne reviens pas dessus puisqu'Anne GEORGELIN l'a très bien expliqué. L'éolien en mer est mieux que l'éolien posé, en résumé, il est plus efficace, il est plus grand, il produit mieux. Je ne reviens pas non plus sur les différents parcs déjà présentés.

## Spécificités des énergies renouvelables en mer

- Filière en plein essor ⇒ **rythme rapide de développement des technologies** ⇒ la réglementation doit être adaptée pour pouvoir tirer partie de cette évolution rapide
- Projets longs et coûteux ⇒ il faut accélérer le développement des projets
- L'**environnement maritime est difficile à connaître** ⇒ réelle connaissance de la zone au moment de l'installation des éoliennes ⇒ des ajustements doivent être possibles après l'octroi de l'autorisation (par exemple : déplacement d'une éolienne si la nature du sol ne permet pas son implantation)
- Des projets avec un **coût de soutien public important** ⇒ les projets doivent être dérisqués en amont pour diminuer le coût de soutien



4

Quelques spécificités sur les énergies renouvelables en mer. La filière est en plein essor et le rythme de développement des technologies est très rapide, notamment la taille de la turbine installée augmente très régulièrement. Aujourd'hui, les turbines sont de 6 à 8 MW et nous arriverons prochainement à des turbines de 10 à 12 MW, voire plus. Nous devons nous adapter à ces évolutions. La technologie évolue plus vite que la construction des parcs et ce point est à prendre en compte. Par ailleurs, ces projets sont longs et coûteux et il est nécessaire d'accélérer et de simplifier leur développement. Enfin, l'environnement maritime – je pense qu'un grand nombre d'entre vous sont beaucoup mieux placés que moi pour le savoir – est un environnement mouvant, changeant et difficile à connaître. Il faut donc pouvoir ajuster les projets jusqu'au dernier moment, jusqu'au moment où ils sont installés, pour prendre en compte les caractéristiques réelles de l'environnement marin.

## Réformes

- **Loi n°2018-727 du 10 août 2018** pour un Etat au service d'une société de confiance / loi ESSOC
- **Décret n°2018-1204 du 21 décembre 2018** relatif aux procédures d'autorisations des installations de production d'énergie renouvelable en mer

Pour rappel, principales réformes précédentes :

- Loi hydrocarbures du 31 décembre 2017 et décret 2018-222 : RTE réalise le raccordement qui est financé par le TURPE
- Décret 2016-1129 : création de la procédure de dialogue concurrentiel pour les projets éoliens en mer
- Décret 2016-9 : réforme du contentieux = un seul niveau de recours avant Conseil d'État, encadrement des délais (12 mois), obligation de notification



MINISTÈRE  
DE LA TRANSITION  
ÉCOLOGIQUE  
ET SOLIDAIRE

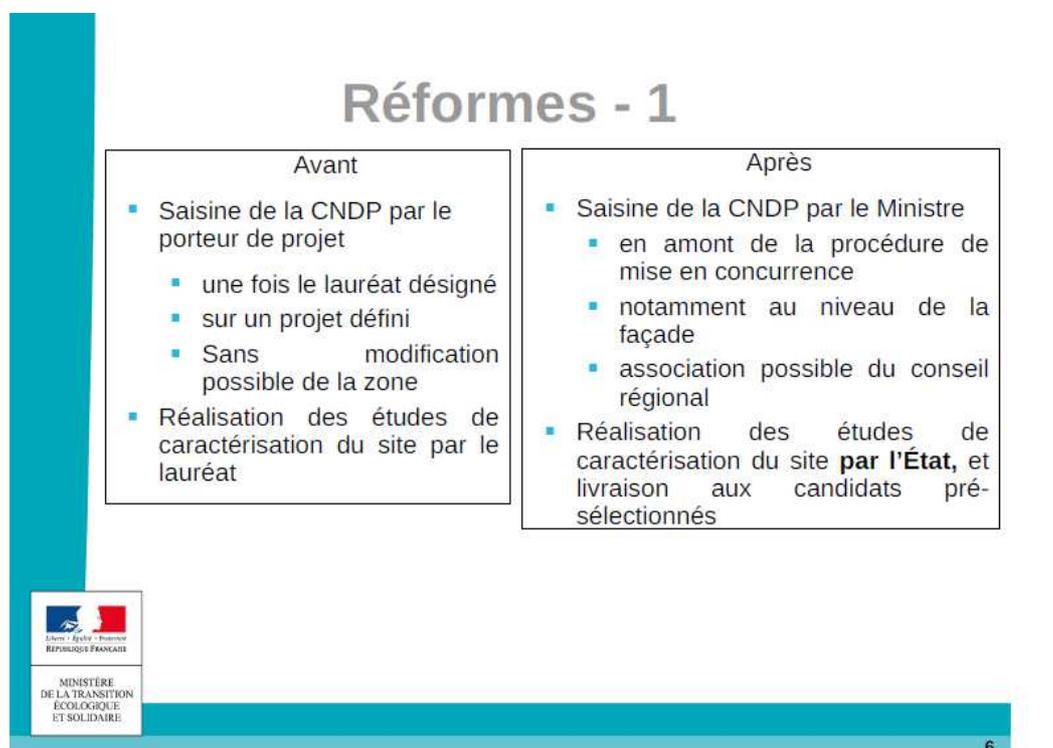
5

Ces projets ont un coût de soutien public aussi, car c'est le contribuable qui paie pour le développement de ces technologies. Ces projets doivent donc être *dérisqués* au maximum pour diminuer le coût de leur soutien public. Tel est l'objet de toutes les réformes menées dernièrement. La dernière date de 2018, elle était dans le cadre de la loi dite « Etat au service d'une société de confiance » (ESSOC) avec son décret d'application. Ce sont les deux textes, en gras, sur lesquelles je vais faire un focus plus précis.

Je rappelle les réformes précédentes depuis 2016, notamment une réforme du contentieux, qui a été importante pour simplifier le traitement des contentieux et l'accélérer. Ces contentieux prennent beaucoup de temps. La création d'une procédure dite de dialogue concurrentiel permet, avant l'appel d'offres, d'échanger avec l'ensemble des candidats sur les modalités précises de l'appel d'offres, ce qui évite de commettre certaines erreurs ou de figer les choses pour le reste de la procédure. Fin 2017, dans le cadre de la loi hydrocarbures, une grande réforme a été menée sur le raccordement. Son objectif était de permettre à RTE, qui va installer le raccordement de ces parcs, d'anticiper et d'accélérer le raccordement, ce qui est un levier de risque très important.

J'en viens à la dernière réforme, cette fameuse loi ESSOC promulguée cet été. Le premier pilier important de cette réforme est la participation du public. Auparavant, la participation du public était

organisée par le porteur de projet, par saisine de la Commission nationale du débat public – un organisme peu connu jusqu'alors mais dont vous avez certainement entendu parler depuis la crise des gilets jaunes. Cette saisine était réalisée par le porteur de projet lorsqu'il avait été désigné lauréat de l'appel d'offres, sur un projet presque parfaitement défini et sans pouvoir modifier la zone. Dit ainsi, cela peut paraître assez paradoxal mais les deux premiers appels d'offres qui vous ont été présentés, ont été construits de cette façon.



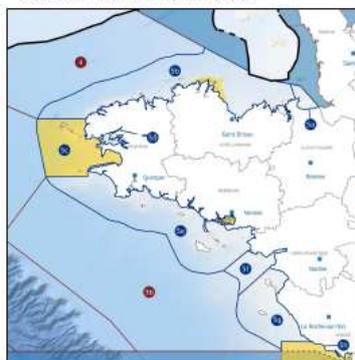
Concrètement, le maître d'ouvrage de ces parcs saisissait le public d'une question sur l'opportunité et les modalités de réalisation de son projet, alors même qu'un grand nombre de caractéristiques de ce projet était figé, ce qui a pu donner lieu à des incompréhensions dans ce cadre. Les études de caractérisation de site étaient intégralement réalisées par le lauréat de la procédure d'appel d'offres, et non par l'État, en amont de cette procédure.

Aujourd'hui, la loi ESSOC oblige le ministre en charge de l'énergie à organiser la participation du public, avant de lancer une procédure d'appel d'offres, notamment au niveau d'une façade, pour déterminer la zone sur laquelle sera lancée la procédure d'appel d'offres. Concrètement, avant de lancer une procédure, il sera demandé quel endroit le public considère comme le meilleur pour le lancer et où il sera le mieux accepté.

Le deuxième point, les études de caractérisation du site, notamment l'état initial de l'environnement, les études de vent, de houle, de courants, des fonds marins, nécessaires pour construire un parc éolien en mer, seront réalisées par l'État, en amont de l'appel d'offres. Ces études seront données aux candidats à l'appel d'offres ce qui permet de réduire les coûts de soutien public qui résultent des appels d'offres.

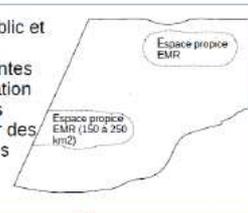
## Consultation du public

Carte des vocations du DSF et des concertations locales



Association possible du Conseil régional à la procédure et à l'élaboration du dossier soumis à consultation

3a- Débat public et concertation parties prenantes sur l'identification de périmètres propices pour des appels d'offres



Décision du Ministre sur le périmètre d'appel d'offres



7

Sur la consultation du public, vous êtes au cœur du sujet. La question est : comment passer de la carte des vocations du DSF, qu'un grand nombre d'entre vous connaît particulièrement bien, à une zone beaucoup plus précise, sur laquelle un appel d'offres est lancé et un champ d'éoliens en mer sera construit ? Et comment associer le public ? En pratique, un débat public aura très certainement lieu. Un point important de la réforme est que, lorsque le ministre saisit la CNDP, il aura la possibilité d'associer les Conseils régionaux territorialement intéressés à ce parc, pour organiser la participation du public.

## Réformes - 2

Avant

- Délivrance d'une autorisation sur la base d'un projet figé
- Les mesures « éviter, réduire, compenser » (ERC) sont figées

Après

- Délivrance d'une autorisation fixant des **caractéristiques variables**
- Les mesures ERC tiennent compte des caractéristiques variables
- Valable pour le parc et pour le raccordement



8

Le deuxième point de la réforme de cette loi ESSOC de 2018, ce sont les autorisations délivrées sur ces projets. Auparavant, ce qui est applicable aux six premiers parcs qui vous ont été présentés, l'autorisation était délivrée sur la base d'un projet parfaitement figé, avec un nombre précis de machines, une puissance voire un modèle de machine, l'implantation exacte de chacune des éoliennes, et chacun de ces paramètres est parfaitement figé, ainsi que les mesures qui les accompagnent, les mesures d'évitement et de compensation, tout est parfaitement figé. Cela est compliqué car, pour des projets attribués en 2012 et qui ne sont toujours pas construits, seront installées des éoliennes de 6 MW en 2021 alors qu'en 2021 des éoliennes beaucoup plus puissantes existeront. C'est un peu comme si aujourd'hui, on se mettait à rouler avec une Twingo des années 1990. Cela ne viendrait à l'esprit de personne.

## Des modifications permises après autorisation

- Le lauréat demande des autorisations permettant d'intégrer a posteriori et dans des limites définies, des modifications du projet d'installation et de son raccordement, sur certains paramètres
  - **Paramètres « continus »** : puissance de la turbine, hauteur des mâts, longueur des pâles...
  - **Paramètres « discrets »** : type de fondation, schéma d'implantation...

=> Le lauréat aura une autorisation lui permettant d'utiliser par exemple une turbine plus puissante impliquant une taille de mât/de pôle plus importante et un nombre de mâts plus faibles

- Nécessité de définir de nouvelles modalités pour la réalisation de l'étude d'impact. Les effets négatifs maximum des caractéristiques variables doivent être pris en compte dans la demande d'autorisation.

Les mesures ERC (Eviter, Réduire, Compenser) correspondent aux effets négatifs maximaux des caractéristiques variables.



9

Pour éviter cette rigidité dans les autorisations, la réforme de 2018 permet de délivrer des autorisations qui fixent des caractéristiques variables. Un certain nombre de paramètres maximum seront pris pour l'autorisation, par exemple maximum cinquante éoliennes de maximum 150 m de diamètre, ou un maximum de vitesse de rotation, paramètres importants pour un parc. Les mesures d'évitement, de réduction et de compensation associées à cette autorisation tiendront compte des caractéristiques maximales. Chacun des impacts maximaux sur l'environnement sera considéré pour autoriser ce projet. Ces autorisations sont valables à la fois pour le parc, c'est-à-dire les éoliennes, mais aussi pour le raccordement qui sera fait par le gestionnaire de réseau de transport.

Pourquoi avons-nous besoin de ces modifications après l'autorisation ? C'est un peu comme dans l'exemple de la Twingo que j'ai pris et qui peut paraître un peu trivial, un certain nombre de paramètres sont figés très tôt pour les premiers parcs et, puisque les technologies évoluent très rapidement et beaucoup plus vite que la vitesse de développement des parcs, le lauréat a besoin d'une flexibilité pour installer, le moment venu, la technologie la plus opérationnelle et la plus efficiente du point de vue de l'environnement, de l'énergie et plus économique pour les finances publiques. Avec une machine plus puissante, on peut produire plus d'énergie d'électricité avec une seule éolienne. Voilà un vecteur de réduction des coûts. Cette autorisation donne une flexibilité technologique qui permet d'installer des éoliennes plus performantes le moment venu.

Mais cela est une révolution pour le domaine des études environnementales et des études d'impact, car il faudra analyser, non plus un projet bien défini mais un ensemble de paramètres maximum dont les impacts sont les pires sur l'environnement, pour autoriser ces impacts, pour que le pétitionnaire qui recevra l'autorisation reste dans les limites de cette enveloppe et que les impacts de son projet restent dans les limites définies par cette autorisation-enveloppe.

## Apports de la réforme

	délaï	sécurisation
Débat public en amont	- 6 mois	↑ acceptabilité du public
Études techniques/état initial en amont	-15 mois	↑ connaissance de la zone
Flexibilité pour certains paramètres	El commencent par le lauréat immédiatement après avoir été désigné	Donne la garantie au lauréat qu'il pourra construire avec les meilleures techniques disponibles + pallier aux incertitudes restantes

**⇒ importante réduction des coûts attendue**



10

Quels sont les apports concrets de cette réforme ? Un débat public en amont de l'appel d'offres fait gagner au minimum six mois entre la date de désignation du lauréat et la construction des premières éoliennes, et permet de prendre en compte l'avis du public et d'augmenter son acceptation des projets. Le public est en effet interrogé très en amont du projet. En ce qui concerne les études techniques et l'état initial de l'environnement, réalisés en amont de l'appel d'offres, la réduction des délais peut être assez significative, de l'ordre de un an à un an et demi. Cela permet une meilleure connaissance de la zone, puisque l'ensemble des candidats auront accès à des études réalisées sur le site.

Enfin, la flexibilité dont nous avons parlé pour les autorisations permet aux candidats de lancer leurs études d'impact dès qu'ils sont désignés lauréats de la procédure. Cela donne aussi à ces producteurs la garantie d'utiliser les meilleures technologies et d'éviter de figer un projet trop en amont. L'objectif principal de toutes ces mesures est de réduire le coût de soutien public, de faciliter la réalisation de ces projets et d'augmenter leur acceptation locale. Voilà pour les présentations de cette réforme. Le cadre a pas mal changé.

## Révision de la Programmation Pluriannuelle de l'Énergie

- Le projet de PPE fixera la technologie (posé ou flottant), les puissances maximum (en MW) et les localisations, par façade, des prochains appels d'offres.
- Les dates correspondent à l'attribution des projets
- 2019 : 600 MW Dunkerque
- 2020 : Manche posé, 1 GW
- 2021 : Sud de la façade Nord Atlantique Manche Ouest, 250 MW
- 2022 : Méditerranée, 250 MW
- 2023-2024 : 1 à 1,5 GW posé
- 2024 : 250 à 500 MW flottant, en fonction des prix
- Au-delà 2025 : 500 MW par an, en fonction des prix



11

Sur la programmation pluriannuelle de l'énergie, la diapositive projetée concerne un sujet qui vous intéresse tout particulièrement, à savoir le projet de PPE en matière d'éolien en mer, mais nous sommes dans un cadre beaucoup plus large. Je vais en dire quelques mots.

En novembre, le gouvernement a présenté à la fois la programmation pluriannuelle de l'énergie et la stratégie nationale bas-carbone. Il s'agit en fait de l'ensemble des mesures pour enclencher la transition énergétique. Cela concerne la production électrique ou la production d'énergie mais aussi la consommation d'énergie. Comment allons-nous vers une énergie moins carbonée ? Comment obtenons-nous des bâtiments moins énergivores, avec une meilleure efficacité énergétique ? L'ensemble des mesures est beaucoup plus large que le simple nombre de réacteurs nucléaires à fermer et le nombre d'éoliennes en mer à construire. Ceci est le cadre général de la PPE et de la SNBC.

Le focus qui vous intéresse tout particulièrement sur l'éolien en mer posé ou flottant concerne le projet de programmation pluriannuelle de l'énergie. Il devrait être présenté, d'après le Ministre d'État, cette semaine dans sa version définitive, du moins le projet définitif. Ce qui a été présenté jusqu'à présent était une présentation générale du projet de PPE. Voilà ce que le gouvernement propose aujourd'hui en matière d'éolien en mer dans ce projet de PPE :

- en 2019, l'attribution de l'appel d'offre qui est en cours et fera au maximum 600 MW, à Dunkerque,
- en 2020, l'attribution d'un nouvel appel d'offres plutôt au large de la Normandie pour de l'éolien posé, pour 1 GW,
- en 2021, l'attribution du premier appel d'offres pour de l'éolien flottant, qui est une première européenne car nous sommes le premier pays à annoncer officiellement que nous lancerons un appel d'offre commerciale pour de l'éolien flottant. Cela confirme l'avance de la France dans cette technologie d'avenir. Cela vous concerne tout particulièrement puisqu'il sera dans le sud de la façade Nord Atlantique–Manche Ouest, dans la continuité des consultations qui ont eu lieu dans le cadre de l'élaboration des DSF, pour 250 MW.
- En 2022, ce sera le tour de la Méditerranée avec du flottant pour 250 MW,

- Vers 2023–2024, nous aurons 1 à 1,5 GW d'éolien posé, sans précision de zone pour l'instant et en 2024, 250 MW à 500 MW d'éolien, flottant à nouveau, en fonction des prix.
- Au-delà de 2025, plus le temps passe plus le flou se fait sur où quoi, comment, quand ? À ce stade, le gouvernement propose 500 MW par an en fonction des prix, et quelle que soit la technologie, entre l'éolien posé et l'éolien flottant.

J'en ai fini pour cette présentation. Comme vous le savez tous, ces différentes propositions ont fait fortement réagir, notamment les Régions et les industriels qui tablaient sur des objectifs beaucoup plus ambitieux. En tant que simple fonctionnaire de l'État, il ne m'appartient pas de les commenter, mais je tenais à vous faire part de ces propositions du gouvernement. Le calendrier d'adoption de la PPE et de la SNBC passera par un certain nombre de consultations. Sous toutes réserves, une des premières étapes est censée avoir lieu cette semaine, d'après les dernières déclarations de mon Ministre de tutelle, que je relaie. Une saisine de l'autorité environnementale est en cours et va prendre environ un mois. Elle sera suivie d'une participation du public sur ce projet de PPE et de SNBC, dans laquelle chacun pourra apporter sa contribution. Merci beaucoup, je suis à votre disposition pour répondre à d'éventuelles questions.



## Echanges avec la salle

### **Frédéric RAVILLY**

Merci beaucoup. Parfait, vous êtes exactement dans le timing. Nous avons maintenant une petite demi-heure de questions. Je vous demanderai simplement de vous présenter en deux mots avant de poser votre question, pour que les gens puissent vous identifier.

### **Agnès GARÇON**

Bonsoir, Agnès GARÇON, armateur sablier. Dans le cadre des études d'impact réalisées en amont par l'État, j'ai vu que vous annonciez un délai de quinze mois. Je m'interroge par rapport aux protocoles halieutiques où, en général, il est demandé aux porteurs de projets quatre ans d'études pour sortir une étude d'impact à peu près valable.

### **Louis du PASQUIER**

Merci beaucoup pour votre question. Je vais essayer d'y répondre. Pour bien clarifier, ce que l'État va faire en amont de l'appel d'offres, ce n'est pas l'ensemble de l'étude d'impact, mais uniquement le début de l'état initial de l'environnement, c'est-à-dire les études minimum dont les industriels auront besoin pour évaluer les grandes caractéristiques environnementales de la zone, et pour pouvoir présenter des offres qui ne soient pas aberrantes d'un point de vue environnemental. Une fois que l'État a réalisé ces premières études, on ne s'arrête pas là et le lauréat de l'appel d'offres a encore un grand nombre d'années d'études à mener pour produire son étude d'impact. Les études que l'État lui aura fournies ne sont que la première partie de l'étude d'impact complète. L'État ne réalisera pas l'ensemble des études mais seulement celles qui sont nécessaires au tout début de ce processus.

**Laurent DUBOST**

Laurent DUBOST, Fédération française de plongée. Je pense que c'est là le petit caillou dans votre chaussure. Pour avoir vécu le débat public du projet du banc de Guérande, où la première partie n'avait pas été assurée par l'État, mais par le promoteur du projet qui avait tout porté, nous avons vu que ce débat était intervenu à un moment où, aux questions posées au titre d'associations de protection de l'environnement, le promoteur du projet répondait qu'il avait encore beaucoup d'études à mener et qu'il répondrait ultérieurement. Nous avons accepté pensant que nous avions le temps, puisque cela date de huit ans.

Quand vous dites que l'État mènera les premières études, fera décider le public sur ces premières études, j'ai un peu peur que ces études ne soient pas vraiment abouties, et que nous retombions dans une discussion qui nous frustre, même si nous sommes prêts à accompagner ce projet et cette transition énergétique – ce n'est pas de l'opposition – et nous allons tourner encore un peu en rond. Vous ferez prendre au public des choix sur des études pas tout à fait abouties.

En tant que simple bénévole et amateur, j'avais lu que dans les pays anglo-saxons, cela se passait mieux parce que le citoyen pouvait avoir la certitude que, postérieurement à l'installation des éoliennes, un peu plus de pouvoir de contrôle et de suivi serait donné et de participation, sur tout ce que l'on pourrait améliorer. Je constate que c'est encore absent et que – mon jugement est tout personnel – dans cette situation, les gens vont se dire qu'ils doivent se battre comme des malades en amont parce qu'après, les choses leur échapperont complètement, les séquences Eviter, Réduire, Compenser seront adaptables comme vous l'avez dit. Je ne suis donc pas sûr que cette solution soit encore la meilleure et pourtant, il faut la trouver car nous prenons un retard important dans toutes ces opérations d'énergie renouvelable. Je ne sais pas si j'ai été assez clair.

La demande serait celle d'une création d'une entité indépendante qui, représentant le public aux côtés de l'État et en écho au promoteur du projet, aurait des moyens d'expertise dans le temps, pour ne pas rester scotché sur l'autorisation et ce qui a été dit à ce moment-là.

**Louis du PASQUIER**

Je peux essayer de vous apporter deux éléments de réponse, votre question est complexe et elle est très pertinente. Le problème est tout à fait là. Si nous comparons les premiers parcs avec ce qui a été mené comme réforme en 2018, nous passons un peu d'un extrême à un autre. Sur les premiers parcs, les industriels étaient capables de présenter le *design* exact et pratiquement l'implantation exacte de chacune des éoliennes dans le champ, la technologie de l'éolienne, sa taille etc. La contrepartie était : « on ne peut rien changer parce que tout a été décidé par un appel d'offres ». Le niveau de détail fourni à ce moment correspondait au niveau d'avancement du projet.

Dans la nouvelle réforme, nous passons à un tout autre cadre. On se dit que nous allons essayer de prendre en compte ces enjeux, environnementaux notamment, et tous les autres aussi, l'ensemble des enjeux locaux, d'acceptabilité, de partage des usages de la mer... à un stade très en amont, mais à un moment où nous ne pouvons pas avoir le même niveau de détail ni d'information. Le monde idéal serait d'avoir l'ensemble des façades maritimes françaises cartographiées au centimètre carré avec l'ensemble des informations environnementales pertinentes.

Cela n'est malheureusement pas possible aujourd'hui. Au regard du retour d'expérience à l'étranger, il a semblé plus pertinent d'associer le public plutôt en amont sur le choix de la zone, même avec des

informations qui ne sont pas toujours complètes – et même si nous travaillons pour qu'elles le soient le plus possible – plutôt qu'en aval, une fois que tout est décidé et que les projets ne peuvent plus être bougés.

Sur la deuxième partie de votre question, qui concerne plutôt le suivi, après l'autorisation, et sur ce que fait l'État, les services déconcentrés seront plus à même de répondre à cela que moi. Ce n'est pas parce que le projet a été autorisé qu'il n'existe pas de suivi réalisé, notamment par les préfets. Y compris pour les premiers parcs, nous avons normalement des comités de suivi avec des scientifiques, capables de suivre les impacts de ces parcs.

Je pense que c'est plutôt de cette façon que nous pourrions régler les choses, ou du moins, contrôler que ce qui a été étudié correspond bien à la réalité *a posteriori*. De ce point de vue, les préfets ont toujours la possibilité de prendre des actes administratifs complémentaires, si quelque chose se découvre que nous n'avions pas au moment de l'étude d'impact, et qu'il faut « corriger » pendant l'exploitation du parc, car les choses se passent différemment de ce que nous aurions imaginé.

### **Frédéric RAVILLY**

Cela veut dire un accompagnement au départ, et un suivi par le public pendant toute la phase de précision du projet. José, tu voulais prendre la parole ? Présente-toi juste pour nos interlocuteurs qui ne te connaissent pas forcément.

### **José JOUNEAU**

José JOUNEAU, comité régional des pêches et des élevages marins des Pays de la Loire. J'ai une remarque et une question. Yeu-Noirmoutier, c'est en Vendée, sur la première présentation, nous y tenons. Et sur le calendrier tel qu'il est présenté, 2021, au Sud de la façade Nord Atlantique–Manche Ouest, nous aurons a priori 250 MW sur de l'éolien flottant. Géographiquement parlant, qu'est-ce que vous appelez Sud de la façade Nord Atlantique–Manche Ouest ? Nous, gens de mer, nous aimons bien cadrer assez bien les choses et là, la zone est assez vaste.

### **Louis du PASQUIER**

Par définition, compte tenu des réformes que je vous ai présentées, aucune zone n'est prédéfinie puisque l'État ne choisit pas la zone. Le public participera pour déterminer la zone exacte d'implantation de ce parc. La participation du public devra être organisée avant l'appel d'offres. Ce que l'on appelle Sud de la façade Nord Atlantique–Manche Ouest, c'est la grande zone au Sud de la Bretagne et à l'Ouest des Pays de la Loire, c'est ainsi qu'elle a été définie dans le document stratégique de façade et sa carte des vocations sur lesquelles nous essayons de réaliser la planification spatiale de l'espace maritime français. La dénomination est volontairement large car l'objectif n'est pas de préciser l'endroit exact mais plutôt la façade d'implantation de ce parc.

### **José JOUNEAU**

Justement, merci pour vos précisions. C'est-à-dire que la zone est clairement identifiée !

### **Louis du PASQUIER**

Je n'ai pas dû être clair, la zone précise n'est pas identifiée. En revanche, la suggestion du Gouvernement est de proposer que ce soit plutôt dans cette zone qu'au Nord de la Bretagne. Ce choix-

là est assez tranché mais dans cette zone Sud NAMO, elle est large et le débat public devra identifier précisément l'endroit, plutôt vers Brest ou plutôt vers Nantes, pour caricaturer. Donc non, la zone précise n'est pas identifiée, c'est simplement une demie façade maritime qui est identifiée.

### **Frédéric RAVILLY**

Encore une question ?

### **Matthieu MONNIER**

Matthieu MONNIER, France énergie éolienne. Je représente la profession avec le SER. Nous souhaitons dire ici, aujourd'hui, que l'ambition proposée par l'État, qui est insuffisante d'après nous et d'après les Régions, doit être co-construite et que nous devons nous approprier ses objectifs. Cela est assez important pour nous. Nous avons entendu le questionnement de la pêche sur l'éolien flottant. Nous avons l'intention de répondre ensemble à toutes les questions qui se poseront à nous, dans le cadre de cette assemblée et en dehors. La profession se réjouit de la démarche de la Région des Pays de la Loire et elle répondra à toutes les questions sans restriction.

### **Frédéric RAVILLY**

Je rebondis sur ce que vous dites, Matthieu. Comme cela a été dit en introduction, nous aurons trois séances d'ARML, qui sont vraiment un minimum. En tant qu'acteurs institutionnels, nous sommes à votre disposition pour organiser des rendez-vous, y compris en face-à-face, entre ces différentes réunions le cas échéant, pour préciser les choses, pour avoir des discussions plus poussées. Des rencontres doivent aussi se tenir en-dehors de ces murs, en-dehors de l'hémicycle où se déroulent les séances plénières. Cette ARML doit vivre aussi en-dehors, et je suis ravi d'entendre Matthieu mentionner que le SER et les acteurs qui ont planché pour cette journée sont à votre disposition pour répondre aux questions éventuelles que vous n'auriez pas nécessairement l'occasion de poser aujourd'hui. Avons-nous encore une question avant de passer au point suivant ?

### **Sébastien CHAUVET**

Bonjour, Sébastien CHAUVET, Conseiller municipal à l'Île d'Yeu. Ce qui fait polémique dans nos îles et sur le littoral, c'est surtout l'impact visuel. Si j'ai bien compris, dans le cadre de la nouvelle loi, un opérateur pourrait être autorisé à installer des éoliennes de 8 MW par exemple, qui fassent une certaine hauteur et, après quelques années d'études, il sort une nouvelle éolienne de 12 MW qui fasse deux fois la hauteur. Il serait donc autorisé à les installer. C'est ce que j'ai compris. Sur un sujet aussi sensible que l'impact visuel de ces parcs – à titre personnel ce n'est pas tellement mon souci – mais c'est un sujet très polémique et je tiens à le souligner.

### **Louis du PASQUIER**

Merci beaucoup pour la question, elle nécessite en effet un éclaircissement. Supposons qu'un industriel envisage au départ de réaliser ce que vous avez dit, c'est-à-dire une éolienne de 8 MW et à la fin veut mettre une éolienne de 12 MW. Ce que la réforme lui permet de faire c'est que, si dès le départ il a pris en compte l'éolienne de 12 MW, dans tous les cas son éolienne ne fera pas plus de 12 MW, alors il a le droit d'en installer une. Nous ne sommes pas dans la situation où il envisage d'abord 8 MW pour en installer tout à coup une plus grande, sans avoir prévenu personne.

Ce n'est pas du tout l'objectif. Dans son autorisation, figurera notamment la taille maximale de l'éolienne, qu'elle ne doit pas dépasser. En termes d'impact visuel notamment, le public sera informé dès le départ, dès l'autorisation, que les éoliennes installées ne pourront pas faire plus que telle taille. Ce que vous indiquez aurait un accueil assez terrible en effet ! Ce n'est pas du tout l'objet de la réforme. À l'inverse, l'objet de la réforme est bien d'indiquer, dès le départ, chacun des paramètres maximum des éoliennes qui peuvent être installées pour ne pas dépasser ces seuils. En aucun cas, les éoliennes ne seront autorisées à dépasser l'ensemble de ces paramètres, notamment la taille maximale.



## LES TECHNOLOGIES

### Frédéric RAVILLY

Merci beaucoup. Je vous propose de passer à la session suivante. J'invite nos deux premiers intervenants à rejoindre leur place. Je n'ai pas voulu vous le dire tout de suite pour ne pas vous faire fuir, mais nous n'aurons pas de pause cet après-midi ! Je vous demande beaucoup de courage et je vous propose de continuer. Nous allons rentrer « dans le dur » du sujet, en lien avec les aspects technologiques.

J'invite à me rejoindre Lucile FORGET, directrice du programme EMYN, accompagnée de M. Jean-Marc BOYADJIS qui va nous parler du raccordement du parc des deux îles, Anne-Claire BOUX d'EDF-Renouvelable et Hervé MACÉ, pilote du projet de Saint-Nazaire pour RTE, pour parler du raccordement.

Et nous allons faire venir nos amis chercheurs et académiques Franck SCHOEFS, professeur d'Université et directeur de l'Institut universitaire mer et littoral, Félix GORINTIN, de la société INNOSEA, société d'ingénierie et de conseil spécialisée dans les énergies marines renouvelables. Il va être accompagné d'Yves PERIGNON, coordinateur scientifique du SEM-REV, le site d'essais en mer de l'Ecole Centrale.

Cette table ronde est la plus étoffée et je vous demande donc encore essayer d'être vertueux, et de tenir les *timings*. Nous allons commencer par le projet EMYN. Lucile, je vous laisse la parole. Votre intervention sera à deux voix, avec RTE.



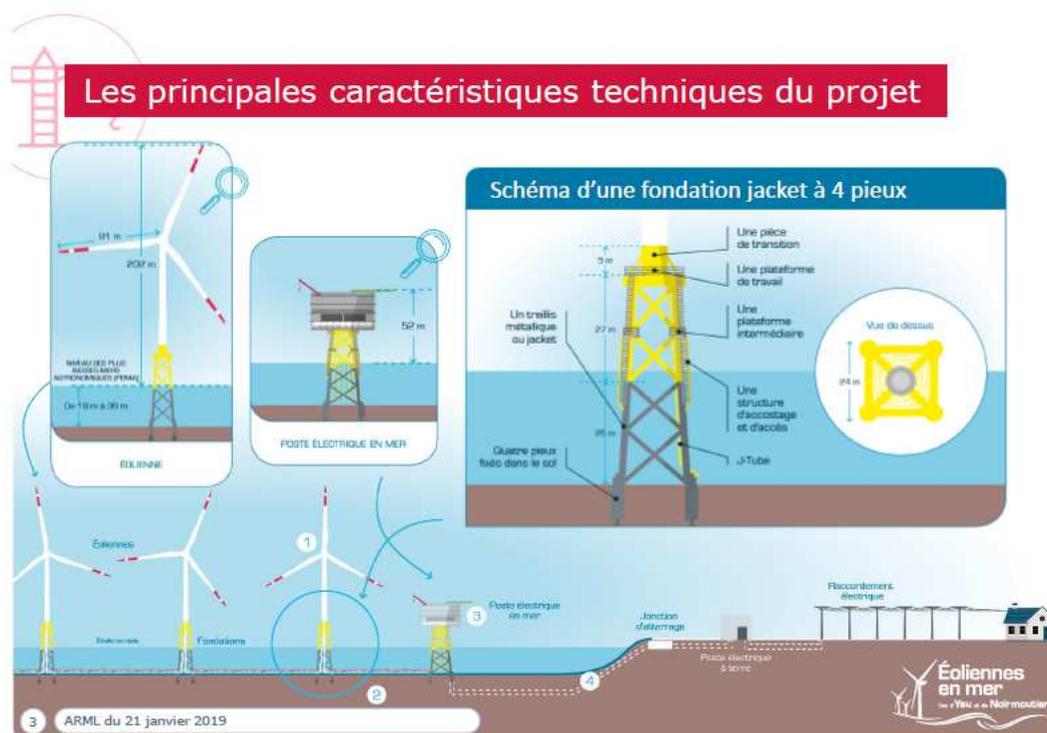
## Les caractéristiques des deux parcs posés au large de la région

### Lucile FORGET

Bonjour Mesdames, bonjour Messieurs. Il nous a été demandé de faire une présentation très synthétique et plus articulée sur les points techniques du projet, ce que je vais m'efforcer de faire dans le temps qui m'est imparti et qui est très court. Pardonnez-moi par avance si tout n'est pas traité dans ce délai. Un premier point important – même si la majorité d'entre vous est déjà familière de ces éléments-là – le projet pour lequel nous avons été lauréats de l'appel d'offres en 2014 porte sur une zone définie par l'État, suite à une concertation orchestrée par la préfecture des Pays de la Loire en 2009–2010. Cette zone a été ouverte à l'appel d'offres en 2013. Cette zone d'environ 110 km<sup>2</sup> nous a permis de présenter un projet qui sera implanté sur une superficie de 83 km<sup>2</sup>, sur des fonds majoritairement rocheux – la carte qui est à l'écran n'illustre pas cette caractéristique – une zone bien connue sous le nom de plateau des bœufs, dont la bathymétrie est comprise entre des fonds de -17 m à -37 m, pour la partie sur laquelle les éoliennes seront implantées.



Vous le remarquerez, l'intégralité de la zone n'est pas occupée par des éoliennes, notamment l'angle nord-ouest. En effet, suite aux premières discussions que nous avons eues avec les professionnels de la pêche, il avait été demandé que celle-ci soit laissée libre d'éoliennes puisqu'il s'agit d'une zone occupée par une certaine catégorie de métiers, les arts traînants, plus difficilement compatibles avec la présence d'éoliennes en mer. Nous nous sommes efforcés de respecter cette première demande.



Quelles sont les caractéristiques de ce projet ? D'abord, soixante-deux éoliennes d'une puissance unitaire de 8 MW. La puissance des éoliennes est un des paramètres importants de ces projets et continuera de l'être, voire deviendra un des enjeux les plus importants à l'avenir. La puissance totale du projet installée est de 496 MW, avec une sous-station. Ces éoliennes mesureront 202 mètres en bout de pale et seront posées sur des fondations de type *jacket*, tout comme la sous-station. Vous pouvez voir une représentation de cette fondation à l'écran. Chaque fondation a ses caractéristiques particulières, en fonction des caractéristiques du site de chaque éolienne, donc de la bathymétrie. On peut donner comme ordre de grandeur une cinquantaine de mètres de haut pour chaque fondation, pour 24 à 25 m de côté. Cela est un ordre de grandeur puisque chaque fondation est unique.

## Protection des fondations par courant imposé

Jusqu'ici, la solution de protection des fondations contre la corrosion retenue consistait en la dissolution des anodes sacrificielles, composées essentiellement d'aluminium, placées sur les fondations.

Si les anodes sacrificielles sont une technologie éprouvée et largement répandue, les **dernières innovations techniques** ont permis au maître d'ouvrage de lui **préférer un système de protection par courant imposé**, qui permettra d'éviter le rejet de métaux dans l'environnement.

**Anode en titane**



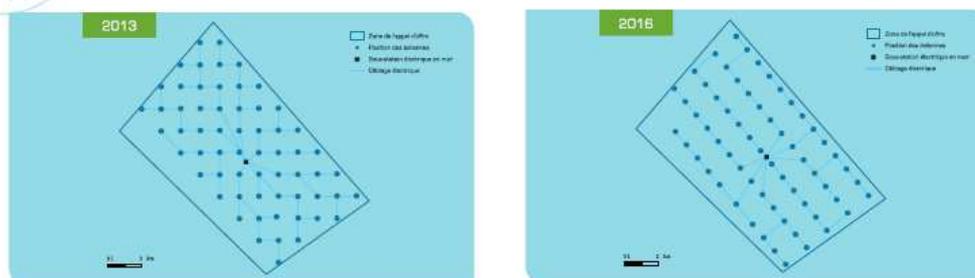

Le système est mis sous tension depuis l'éolienne et des câbles parcourront la fondation.

4 ARML du 21 janvier 2019


Une des caractéristiques de notre parc est que ses fondations seront protégées par une technique dite de courant imposé. La corrosion en mer est un paramètre important pour les projets éoliens en mer et pour toute infrastructure en milieu marin. Nous avons initialement envisagé de protéger ces fondations en acier par des anodes sacrificielles qui équipent déjà bon nombre d'infrastructures portuaires. Mais ce sujet a pu générer une certaine émotion auprès de la population. Même si l'impact de ces anodes sacrificielles avait été analysé et jugé nul, nous nous sommes rendu compte qu'il fallait faire évoluer le projet autant que la technologie le permettait, ce qui était le cas. Nous avons donc modifié, l'année dernière, la technique utilisée pour protéger ce parc éolien. Ce sera donc du courant imposé, technique déjà éprouvée sur des parcs éoliens en mer, à l'étranger mais aussi dans la région, notamment sur la canalisation qui relie Yeu au continent. Ces anodes sont en titane et sont absolument insolubles dans l'eau.



## Schéma d'implantation des éoliennes et des câbles



### 3 MODIFICATIONS PRINCIPALES :

- ▶ Le passage de **8 lignes à 5 lignes** d'éoliennes (réduisant également l'impact paysager du parc, notamment depuis toute la façade Ouest de l'Île de Noirmoutier et la pointe du But sur l'Île d'Yeu), tout en gardant une distance minimum de 1000 m entre les éoliennes.
- ▶ Des éoliennes non plus en quinconce mais les unes derrière les autres : des couloirs plus lisibles orientés selon les courants (NO/SE), plus larges (1660 m au lieu de 900 m initialement envisagés).
- ▶ La mise en place, au maximum, de câbles parallèles aux lignes d'éoliennes.

5 ARML du 21 janvier 2019



Pour rester sur ces caractéristiques techniques, nous avons pu réaliser des évolutions dans notre projet – même si le second appel d'offres auquel nous avons répondu fixe certaines caractéristiques, il permettait tout de même des évolutions. Nous avons pu en faire l'expérience, et nous avons répondu à l'appel d'offres avec une implantation, telle que vous la voyez à l'écran, d'éoliennes en quinconce et un schéma de câblage qui était à l'époque celui que vous voyez représenté. À l'aune des échanges que nous avons approfondis avec les professionnels de la pêche mais aussi lors du débat public, sur des sujets d'ordre paysager, nous avons compris qu'il fallait essayer d'améliorer l'implantation, non seulement des éoliennes, mais aussi des câbles.

En 2016 nous avons donc proposé un nouveau schéma d'implantation des éoliennes qui a permis, en gardant le même nombre d'éoliennes, la même capacité installée, de passer de huit à cinq lignes, en en mettant plus sur chaque ligne d'une part, de préserver voire d'augmenter l'espacement entre chaque ligne d'éoliennes puisque nous avons dégagé des couloirs d'un peu plus de 1 600 m de large entre chaque ligne d'éoliennes et en maintenant 900 m entre chaque éolienne au sein d'une même ligne. Cela a permis de montrer que nous souhaitons travailler dans le sens du maintien des pratiques de pêche actuellement réalisées sur ce parc éolien, donner plus de lisibilité et favoriser l'intégration paysagère de ces éoliennes.

## Deux base de maintenance

**Temps d'accès au parc :**  
De 45 min à 1H.

**Nombre de navires de maintenance :** 1 sur Noirmoutier/2 sur Yeu

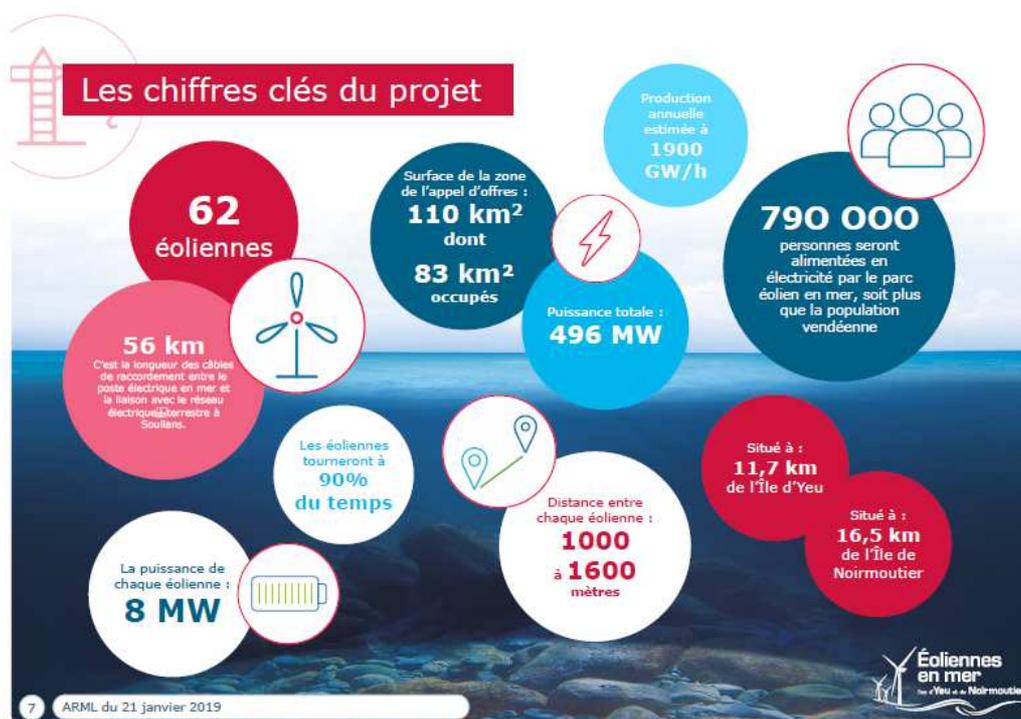
**Types d'activités :**  
Maintenance des éoliennes sur Yeu / Maintenance des autres éléments du parc (câbles inter-éoliennes, fondations, sous-station électrique en mer) sur Noirmoutier

6 ARML du 21 janvier 2019

**Éoliennes en mer**  
sur Yeu et Noirmoutier

Une autre caractéristique de ce projet réside dans ses bases et ses activités de maintenance. Ce sera je pense une première en France d'avoir, non pas une, mais deux base de maintenance, implantées sur les îles d'Yeu et de Noirmoutier. Ce choix a été fait pour répondre à une demande formulée par les élus du département, en amont et pendant l'appel d'offres, en contrepartie de l'impact visuel. Il nous avait été demandé que les îles, autant l'une que l'autre, bénéficient de retombées économiques en lien avec ces deux projets. Nous avons donc choisi d'y implanter des activités de maintenance, qui sont pérennes et se développeront pendant toute la durée d'exercice du parc éolien c'est-à-dire 25 ans minimum. Ce seront en effet des activités non délocalisables.

En haut de l'écran, une vignette représente le site d'implantation du ponton qui accueillera le bateau de maintenance à Noirmoutier, dans le port de l'Herbaudière. Ce bateau assurera la maintenance des câbles, des fondations, de la sous-station électrique, la localisation est encore en cours de discussion avec les acteurs portuaires. Port-Joinville, accueillera deux bateaux au plus fort de l'activité de maintenance, qui seront localisés le long d'un ponton, le long du quai de la Glacière. L'activité de maintenance sera implantée dans une partie de la criée qui permettra d'accueillir ces activités, suite à des échanges avec les professionnels de la pêche mais aussi avec les mareyeurs et autres usagers qui travaillent actuellement dans ces bâtiments. Nous avons fini par réussir à trouver un compromis avec eux, positif pour tout le monde.



Je ne reviens pas sur les différents chiffres mentionnés à l'écran, sauf deux qui sont importants : la distance par rapport à la côte. La zone choisie sera située à un peu moins de 17 km de l'île de Noirmoutier, et la première éolienne se situera à un peu moins de 12 km de l'île d'Yeu. Cette zone se trouve à une distance certaine des îles, pour limiter l'impact paysager, dont nous voyons, grâce à l'intervention de Monsieur le conseiller municipal précédemment, que le sujet reste prégnant. J'ai été plus que concise, n'hésitez pas si vous avez des questions.

### Frédéric RAVILLY

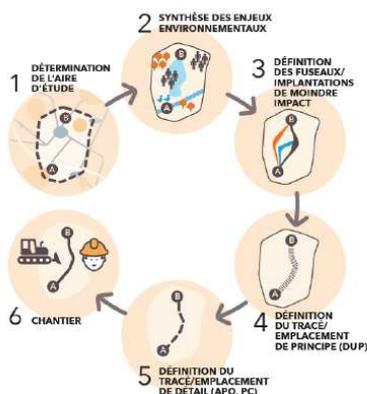
Merci beaucoup. Les questions viendront en fin de session. Je laisse la parole à RTE en essayant de rattraper un tout petit peu le temps.

### Jean-Marc BOYADJIS

Bonjour à tous, Jean-Marc BOYADJIS, responsable du raccordement Yeu-Noirmoutier. Je travaille également sur le parc de Saint-Brieuc et je veux vous restituer en quelques diapositives le concept de concertation que nous mettons en œuvre pour rechercher notamment le meilleur tracé des raccordements sur la partie maritime. C'est ce qui nous a été demandé.

Lorsque nous sommes rentrés dans les projets suite à l'appel d'offres, la zone du parc était connue. Nous connaissons le point de départ, nous connaissons le point d'arrivée à terre, nous savons sur quel réseau électrique nous voulons accueillir l'énergie éolienne, et il nous reste deux ans et demi à chercher le meilleur tracé de raccordement des câbles sous-marins et terrestres. Pour cela, nous avons utilisé le débat public. Il nous a servi de mise en forme, pour repérer les acteurs, commencer à travailler, présenter les méthodes de travail de la concertation.

## Rte Relations avec les acteurs du littoral et de la mer



### LA CONCERTATION

- **Menée par les équipes de RTE en région**, la concertation avec les parties prenantes permet de dégager la solution optimale pour la collectivité (contraintes, coûts, impact environnemental...)
- **Le tracé des câbles est soumis à concertation publique sous l'égide de l'administration** (usagers de la mer, associations environnementales, aménageurs publics, grand public...)
- **Les solutions de moindre impact environnemental** sont privilégiées
- **Objectif « zéro restriction d'usage »** (pêche) <sup>2</sup>

Ensuite, nous avons déroulé cela sur deux ans et demi avant de déposer le dossier d'enquête publique, avec toutes sortes de réunions. Certaines sont sous l'égide du Préfet dans le cadre de la concertation réglementaire (ce sont les étapes une à trois, en partant d'un fuseau large, et plus ça va, plus le périmètre se restreint). L'idée est de balayer tous les angles de la partie maritime dans laquelle nous travaillons, pour rendre visible la technique que nous voulons mettre en œuvre, et croiser ces données avec le coût pour l'environnement, la réglementation, les attendus des acteurs de la mer, pour trouver un tracé de câble de moindre impact.

Pour Yeu-Noirmoutier, comme nous l'avions démarré sur Saint-Brieuc, nous allons aussi faire le point. Nous voyons le public lors de l'enquête publique, mais nous avons aussi souhaité établir des permanences, en coordination avec la société EMYN, pour informer le public de l'état du projet, montrer les études en toute transparence, expliquer le tracé choisi. Nous continuons à travailler avec toutes sortes d'acteurs qui nous accompagnent depuis le début, et dont un certain nombre est présent dans la salle. Nous préparons les après-autorisations, les préparations de chantier pour que ce chantier se déroule dans de bonnes conditions.

Ce qui ressort toujours d'un tracé maritime, c'est une solution de moindre impact, un compromis. Ce n'est jamais un idéal et notre objectif, notamment en mer, est de viser zéro restriction d'usage. Une fois le câble en place dans la mer, il n'y a pas de restriction d'usage. Les usagers de la mer que nous avons identifiés en début de concertation doivent pouvoir reprendre leurs activités. Hervé MACÉ développera tout à l'heure les différents types de techniques que nous mettons en œuvre pour respecter cet objectif. Pour nous, ce point est extrêmement intéressant.



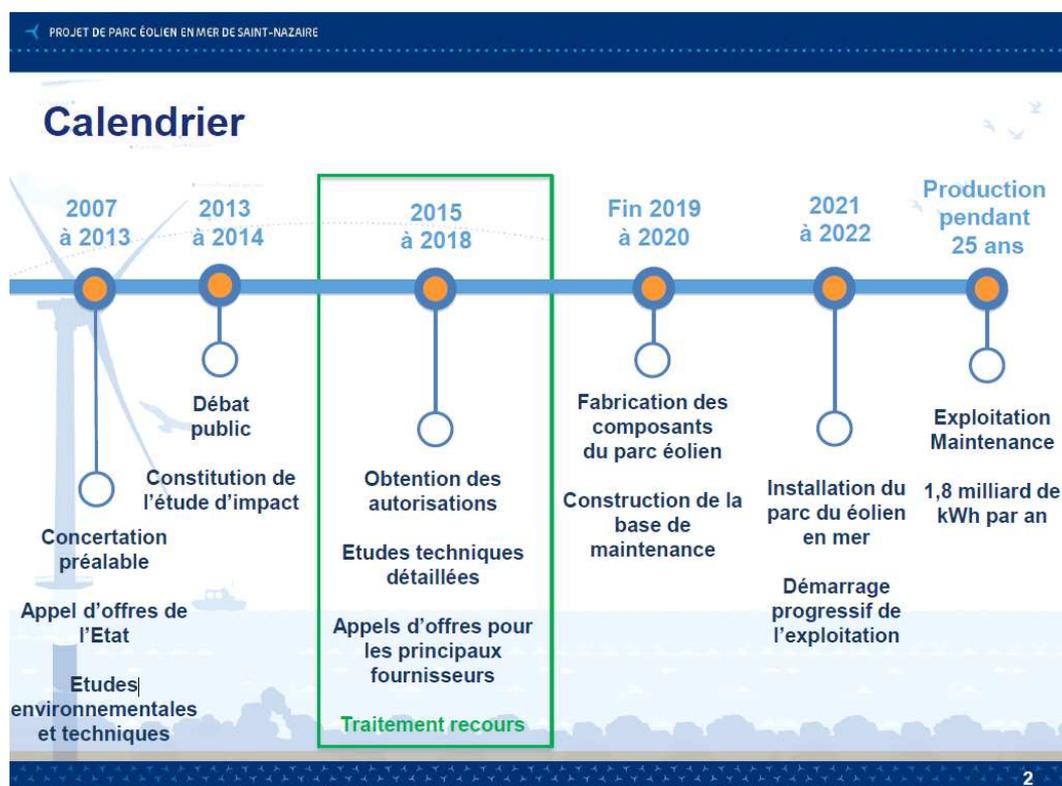
Aujourd'hui nous avons obtenu les autorisations d'occupation du domaine public maritime sur la base d'un tracé concerté, et vous voyez le résultat concret de deux ans et demi à trois ans de concertation avec tous les acteurs du territoire, le public. En orange, sont représentés les endroits où le sol est plutôt meuble, où nous y privilégierons l'ensouillage des câbles (avec une charrue, on met le câble dans le fond de la fouille et on rebouche). En bleu, le sol est pressenti comme un peu plus dur, du rocher. À cet endroit, nous posons le câble dans le fond de la mer, sur le rocher, et nous le protégeons par un enrochement. Ces techniques représentent environ moitié-moitié du métrage. Nous poursuivons les études. Nous avons fait appel à un câblé, nous sommes dans les appels d'offres câblé avec obligation de moyens, pour tenir au minimum ce que vous voyez, c'est-à-dire protéger le câble au maximum.

### Frédéric RAVILLY

Merci beaucoup. Nous avons vu le parc des deux îles Yeu-Noirmoutier. Nous allons maintenant passer au parc de Saint-Nazaire. Nous avons à préciser le planning puis nous passerons un film qui décrit la construction prospective du parc.

### Anne-Claire BOUX

En attendant, la grande question que tout le monde se pose est : a-t-on des nouvelles du Conseil d'État ? Malheureusement, la réponse est non, toujours pas. Nous attendons toujours, depuis 16 mois. Normalement, nous sommes dans les délais où nous devrions recevoir une décision et nous l'espérons rapidement pour tenir le planning indiqué.



Sur le planning, les premières études pour ce parc ont été commencées en 2006-2007. Le travail de concertation pour l'identification de la zone a été fait en 2010 puis l'attribution de l'appel d'offres en 2012. À partir de cette désignation en tant que lauréat, nous avons mené de nombreuses études environnementales avec les différents partenaires dont certains sont présents aujourd'hui. Nous avons

aussi mené le débat public, ce qui va changer avec la réforme, comme le présentait Monsieur du PASQUIER. Ensuite, nous avons déposé toutes ces demandes d'autorisation en 2014–début 2015. Le dossier a été instruit, avec une enquête publique, et nous avons obtenu toutes les autorisations entre 2016 et 2017. En parallèle, nous avons lancé nos appels d'offres avec les sous-traitants de rang 1, pour la fabrication et l'installation des éoliennes, des câbles, du poste électrique et des fondations. Vous verrez dans le film comment seront installés tous ces éléments.

Depuis, deux autorisations ont fait l'objet d'un recours. L'autorisation Loi sur l'eau qui nous avait été délivrée en 2016 est purgée de tout recours. Ce qui nous manque, c'est la réponse sur un recours déposé en 2012 sur l'autorisation d'exploiter délivrée au moment de l'appel d'offres. Cette autorisation a été attaquée, le recours a été rejeté une première fois par le Tribunal administratif puis par la Cour d'appel. Aujourd'hui, nous attendons l'avis du Conseil d'État. À l'époque, en 2012, la réforme n'était pas encore passée, qui centralise en Cour d'appel tous les dossiers éoliens en mer. C'est pourquoi ce recours a suivi un chemin un peu plus long, et nous pouvons voir l'efficacité de cette nouvelle réforme, puisque la Loi sur l'eau qui avait été attaquée en 2016, est déjà purgée de tout recours.

Si nous avons une décision du Conseil d'État rapidement, nous espérons lancer la construction du parc d'ici juin 2019 pour pouvoir lancer la fabrication des composants, la construction des éléments à terre, que ce soit la base de maintenance ou le site d'assemblage sur le grand port de Saint-Nazaire. Pour celui-ci, les travaux ont déjà démarré, bien qu'ils soient en *stand-by* dans l'attente de cette décision du Conseil d'État. Nous espérons être en mer en 2021-2022 et lancer la production du parc à partir de 2022. Je vais projeter une vidéo qui montre la construction du parc éolien.

*Projection d'un film*



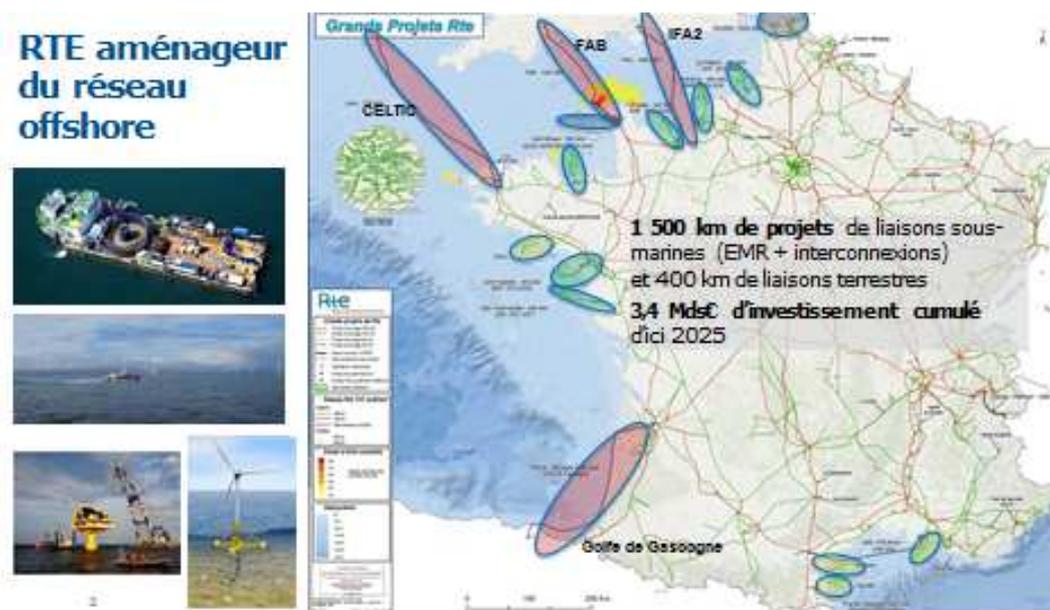
## Les raccordements

### Frédéric RAVILLY

Merci pour ce film très didactique. Nous avons vu le parc, nous allons maintenant passer au raccordement avec vous, Monsieur MACÉ. Vous allez présenter le raccordement du parc de Saint-Nazaire.

### Hervé MACÉ

Bonjour à tous, je suis Hervé MACÉ, je suis pilote du raccordement du parc éolien en mer de Saint-Nazaire. À l'identique de Jean-Marc, j'ai piloté plusieurs projets de raccordement d'énergies marines et j'ai mené la concertation sur le projet de Groix-Belle-Île.



En guise d'introduction, une carte illustre l'ensemble des activités offshore de RTE. L'État a confié à RTE la responsabilité du raccordement de l'ensemble des énergies marines au large de nos côtes. Mais les activités de RTE en mer ne se limitent pas à ces raccordements. Nous menons également des projets liés à des développements d'interconnexion entre la France et plusieurs pays voisins. L'ensemble de ces ouvrages représente la création d'environ 1 500 km de réseaux sous-marins à l'horizon 2025 et un investissement global de l'ordre de 3,4 milliards d'euros.



Un zoom sur le raccordement du parc éolien en mer de Saint-Nazaire. Le schéma permet de bien illustrer les responsabilités de RTE au titre du raccordement de ces parcs éoliens en mer. Tel que vous le voyez, ce schéma est mis en œuvre pour les premier et deuxième appels d'offres. Pour l'ensemble de ces projets, la limite de propriété entre le raccordement et l'installation du parc se situe au niveau du poste électrique en mer qui est la propriété du producteur. Pour les futurs appels d'offres, le poste électrique en mer sera propriété de RTE. Cette évolution permettra d'envisager des raccordements mutualisés et un partage des infrastructures de raccordement entre plusieurs parcs.

Pour le cas de Saint-Nazaire, le raccordement se compose d'une partie sous-marine d'environ 33 km depuis le poste électrique jusqu'à la zone dite d'atterrage, c'est-à-dire de transition entre la partie sous-marine et la partie souterraine. À Saint-Nazaire, cet atterrage se situe sur la plage de la Courance. Le raccordement se poursuit par une partie terrestre d'environ 27 km jusqu'à un poste électrique que nous devons construire sur la commune de Prinquiau, poste électrique qui intégrera un certain nombre d'équipements nécessaires à l'insertion de cette production sur le réseau existant. Le poste de Prinquiau représente une emprise d'environ 3 ha situés le long de la RN 171. Nous verrons que ces travaux de construction, du poste électrique uniquement, ont démarré dès l'été 2018.



## L'aire d'étude

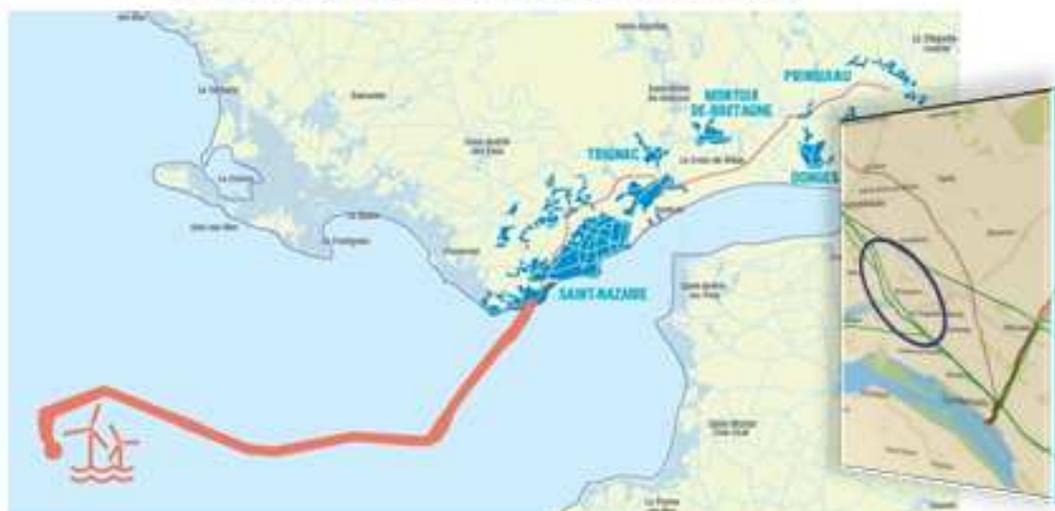


3

Un élément illustre le contexte de ce projet : cette carte fait apparaître l'ensemble des enjeux de la zone depuis le parc éolien en mer jusqu'au réseau existant qu'il est nécessaire de rejoindre pour permettre l'insertion de cette production dans le réseau. Ces enjeux sont environnementaux et en termes d'usage car nous rencontrons des enjeux de pêche, de clapage, de dragage, et des enjeux importants liés à l'activité industrielle de l'estuaire de la Loire.

Rte

## Le projet de raccordement



5

Pour ce projet comme pour le parc, la concertation a été engagée dès 2011–2012. Je ne vais pas revenir sur le processus de concertation que mon collègue Jean-Marc a présenté. Cette carte reflète environ 400 réunions de concertation et met en avant la volonté de définir un raccordement qui s'insère au mieux, au regard des enjeux de la zone que j'ai présentés précédemment. Le tracé sous-marin est loin d'être rectiligne, et le tracé terrestre a été établi, notamment sur le territoire de la commune de Saint-Nazaire, avec l'objectif d'un contournement de la partie urbaine de la ville. L'ensemble de cette production est raccordé sur des ouvrages 225 000 V existant dans le territoire de la Loire-Atlantique, à proximité immédiate du poste que nous allons construire sur la commune de Prinquiau.

Rte

## Les étapes de la construction des liaisons souterraines

A – Réalisation des tranchées et pose des ouvrages (pose des fourreaux PVC).

B – Réalisation des chambres de jonctions

C – Réalisation des déroulages.

D – Réalisation jonctions.



Chambres terrestres  
(2 tous les kilomètres) :  
15 m de long  
2,1 m de large  
1,15 m de charge minimum



5

Quelle est la nature de nos travaux terrestres ? Les travaux terrestres de construction d'une liaison 225 000 V sont relativement classiques. Il existe un peu plus de 1 300 km de réseau 225 000 V

souterrain dans l'ensemble du territoire français. Ces travaux comportent deux grandes phases : une phase de génie civil où seront réalisés un terrassement et la pose de fourreaux avec différentes technologies en fonction d'une implantation sous voirie ou en domaine agricole. Après cette phase de génie civil, nous allons assurer le déroulage de nos câbles sur des tronçons d'environ 1 km.

Ce qui définit la longueur de ces tronçons, ce sont deux éléments principaux : d'une part, les capacités de tirage de nos câbles, puisque nous devons limiter les efforts sur les câbles pour ne pas les déformer au moment du tirage, et également les conditions de transport de nos tourets qui sont de taille conséquente. Dans un tracé comme celui de Saint-Nazaire, qui couvre 27 km, cela entraîne la réalisation d'environ douze chambres de jonction de ces différents tronçons entre l'atterrage et le poste que nous allons construire à Prinquiau.



Une illustration des travaux que nous menons dans la commune de Prinquiau. Comme je le disais tout à l'heure, ces travaux ont été engagés dès l'été 2018. Pourquoi un engagement aussi en amont de ces travaux ? Nous sommes dans un périmètre de zones humides en limite du PNR de Brière avec des enjeux de présence d'eau extrêmement importants. Lorsque la décision a été prise d'engager ces travaux avant l'été 2018, nous étions dans un scénario de calendrier où le démarrage complet du parc et de son raccordement interviendraient à l'automne 2018. Au regard des enjeux de saisonnalité des travaux, RTE a pris l'initiative de démarrer dès le mois de juillet. Je vous présente une vue aérienne de ces travaux et une photo assez récente qui illustre la présence importante d'eau sur ce site.



## Travaux sous-marins et atterrage

Prysmian  
Group



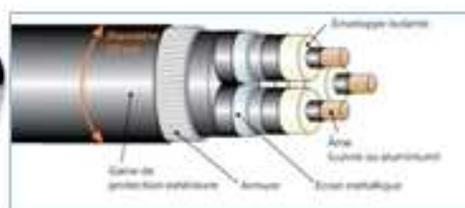
11

A propos des travaux de liaison sous-marine, pour Saint-Nazaire comme pour l'ensemble des projets, la construction d'un tel ouvrage passe par un nombre conséquent d'études, notamment des études géotechniques. Dès 2014, RTE a réalisé ces études sur l'ensemble du tracé sous-marin, avec environ quarante sondages géotechniques sur les 33 km. Ces sondages nous ont confortés dans l'hypothèse d'un enfouissement de la liaison sous-marine sur 90 % du tracé.

Nous reviendrons sur la technique de protection de l'ouvrage. Au niveau de l'atterrage (la transition entre la partie sous-marine et la partie souterraine), il sera réalisé au niveau de la plage de la Courance à Saint-Nazaire. En haut de plage, nous serons amenés à installer deux chambres de jonction, que nous pouvons assimiler à deux gros dominos qui permettront de connecter les câbles sous-marins aux câbles souterrains.



## Une liaison à deux circuits 225 kV sous-marine



Les deux câbles sont posés avec un écartement d'environ 3 fois la hauteur d'eau.



12

Qu'est-ce qu'un câble sous-marin ? Voici une illustration assez standard d'un câble sous-marin 225 000 V. Ce câble a des dimensions assez conséquentes, un diamètre d'environ 27 cm, l'équivalent de la taille d'un ballon de football. J'ai apporté une maquette qui illustre à taille réelle les dimensions d'un câble sous-marin 225 000 V, qui peut être en cuivre ou en aluminium. Pour le cas de Saint-Nazaire, il est principalement en aluminium. Ce câble est d'un poids conséquent, il pèse de 120 à 130 kg le mètre, ce qui nécessite des moyens de pose conséquents aussi.

Pour la pose de ces câbles sous-marins, notre objectif est de maintenir les usages après leur mise en place. La solution privilégiée par RTE, dans la recherche des tracés, est la possibilité d'enfouir ces câbles dans les fonds dès lors que la nature de ces fonds le permet. À Saint-Nazaire, c'est le cas pour 30 des 33 km. Les câbles seront ensouillés à une profondeur d'environ 1,50 m. Quand l'ensouillage des câbles n'est pas possible – ce sera le cas sur le banc de Guérande – nous les poserons et ils seront protégés par la réalisation d'un empierrement au-dessus de leur implantation.



Voici quelques illustrations de ces moyens de pose. Vous voyez un navire câblé à gauche. Il est important d'avoir à l'esprit que les 33 km de câbles seront fabriqués d'un seul tenant. La grande majorité du câble sera en aluminium et compte tenu de l'évolution des transits sur la longueur du câble (je ne vais pas trop entrer dans les détails techniques), la partie atterrage sera en cuivre, et une jonction aluminium-cuivre sera directement réalisée en usine. Les navires câblés sont relativement grands et permettent l'acheminement d'un touret horizontal avec une capacité de charge de plus de 8000 t. La mise en œuvre des câbles par ensouillage nécessitera l'utilisation d'une charrue (cf. photo centrale) qui viendra créer un sillon dans le fond sédimentaire pour permettre la pose et l'enfouissement des câbles. Enfin, à droite, vous voyez un navire qui assurera l'enrochement du câble avec l'acheminement de pierres, calibrées au regard des conditions de mer de la zone.

Rte

## L'atterrage

Enfouissement des fourreaux dans deux tranchées étayées par un blindage ou des palplanches (360 mètres)



Pour l'atterrage, nous serons sur des moyens un peu plus standards et la réalisation d'une tranchée permettant l'enfouissement. Les deux câbles au niveau de la plage de la Courance seront distants l'un de l'autre d'environ 20 m, et une tranchée sera réalisée avec l'aide de pelles mécaniques. Un blindage tiendra le sable au niveau de la plage. Dans cette partie, les câbles seront implantés dans des fourreaux en polyéthylène, préalablement installés et lestés.

En partie centrale, vous voyez une pelleteuse qui est intervenue à l'automne 2018 et nous a permis de nous assurer de l'absence de tout risque pyrotechnique au niveau de la plage. Nous avons simplement détecté quelques bouts de chaînes qui traînaient sous le sable mais les choses se sont heureusement limitées à cela. Les moyens utilisés au niveau de l'estran sont représentés sur la partie droite : une pelle rétrocaveuse installée sur une barge et, pour les quelques parties constituées de roches friables, une trancheuse qui permettra d'assurer la tranchée dans ces parties.

Rte

## Le calendrier prévisionnel du projet



- LANCEMENT DES TRAVAUX DE GÉNIE CIVIL POSTE DE PRINQUIAU : JUILLET 2018
- LANCEMENT DES TRAVAUX DE GÉNIE CIVIL PARTIE TERRESTRE : AUTOMNE 2019
- LANCEMENT DES TRAVAUX DE GÉNIE CIVIL PLAGE DE LA COURANCE : AUTOMNE 2019
- TRAVAUX EN MER : 2021

25

J'ai peut-être été un peu rapide, mais vous pourrez poser toutes les questions après mon intervention. Pour finir, sur le calendrier du projet, les travaux de construction du poste de Prinquiau ont démarré à l'été dernier. En fonction du calendrier, ces travaux pourraient être stoppés provisoirement dans l'attente de la décision finale. Dans l'hypothèse d'un démarrage et d'une décision à l'été 2019, les travaux terrestres seront engagés dans la foulée. Les travaux dans la zone dite d'atterrage, plage de la Courance, interviendraient à l'automne 2019 et les travaux en mer interviendraient en 2021. Il faut garder à l'esprit que deux campagnes de pose seront nécessaires pour installer les deux câbles qui constituent le raccordement en partie marine. Vraisemblablement une campagne au printemps et l'autre à l'automne. Merci.



## **Les verrous technologiques**

### **Frédéric RAVILLY**

Merci beaucoup. Nous avons vu les deux parcs, celui des deux îles, celui de Saint-Nazaire. Je donne maintenant la parole à Franck SCHOEFS, professeur d'université et directeur de l'institut universitaire mer et littoral (IUML) pour nous parler des verrous technologiques associés à l'éolien offshore.

### **Franck SCHOEFS**

Merci Frédéric et merci pour cette invitation. Quand on m'a demandé d'intervenir sur ces verrous, la tentation a été de faire un catalogue et de rajouter à la durée, et à la fatigue de tout le monde. J'ai donc décidé de partir de l'offshore pétrolier, vous verrez pourquoi. Je suis fonctionnaire comme Louis du PASQUIER. La grosse différence, c'est que je suis professeur d'université et que depuis Napoléon, on peut « se lâcher » en tant que professeur d'université. Je ne vais donc pas me restreindre.

### **Frédéric RAVILLY**

Pas sur le temps, nous sommes d'accord !

### **Franck SCHOEFS**

Non, j'ai bien compris ! Je représente un institut qui regroupe l'Université de Nantes, le CNRS, l'Ecole Centrale, IFREMER, le Mans Université, l'ENSAM, l'Université Bretagne Sud et l'ENSM qui aura l'occasion de se présenter.

*Promote and develop multi-disciplinary and trans-disciplinary studies on marine sciences*



Pour ceux qui ne le connaissent pas, notre institut comporte dix-neuf unités de recherche. Nous partageons, nous essayons de structurer la recherche, de développer l'enseignement. 630 personnes travaillent dans cet institut et l'objectif est de faire de l'interdisciplinarité, comme nous le faisons aujourd'hui. Nous avons 30 % de sciences humaines et sociales, ce qui est une pratique quasiment unique en France et même en Europe, et une grosse filière d'ingénierie, à l'intérieur de laquelle vous retrouvez notamment l'Ecole Centrale et l'Université. Ce que nous faisons aujourd'hui constitue notre ADN, et je tenais à le rappeler.



### Constats et défis

1. On construit au large depuis 70 ans: hydrocarbures Offshore
2. Le coût de l'énergie impacte directement la compétitivité
3. Le coût du nucléaire est largement sous-évalué en France

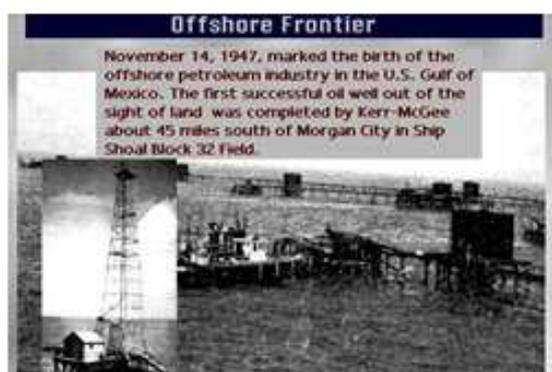
Les constats et les défis sur les verrous de l'éolien offshore. Nous nous posons, en France, des questions que nous ne devrions pas nous poser en tant que deuxième façade maritime du monde, car nous construisons au large depuis soixante-dix ans, notamment pour l'hydrocarbure offshore. Je vais donc poser la question dans cette direction : pourquoi nous posons-nous autant de questions pour la construction en mer, sachant que nous construisons depuis 70 ans ?

L'une des spécificités – j'y reviendrai très rapidement pour cadrer le sujet – est le coût de l'énergie qui a déjà été évoqué en début d'après-midi. Ce coût impacte directement la compétitivité et, je me permets de le dire, le coût du nucléaire, qui est largement sous-évalué en France. Il y a encore une semaine, un rapport européen ne disait pas cela mais permettait de le conclure. Je me permettrai donc d'en parler aussi. Nous sommes la deuxième façade maritime mondiale, notre territoire est riche en innovations et notre capacité industrielle est extrêmement forte. La question que l'on peut se poser est donc : quelle stratégie maritime française ? La PPE devrait n'être qu'une toute petite partie de cette stratégie maritime.

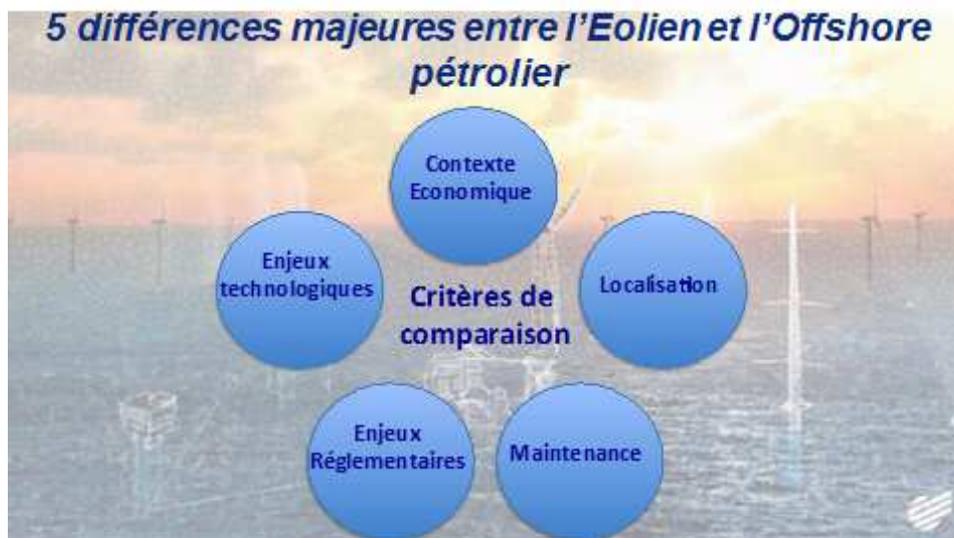


### Historique de la production pétrolière

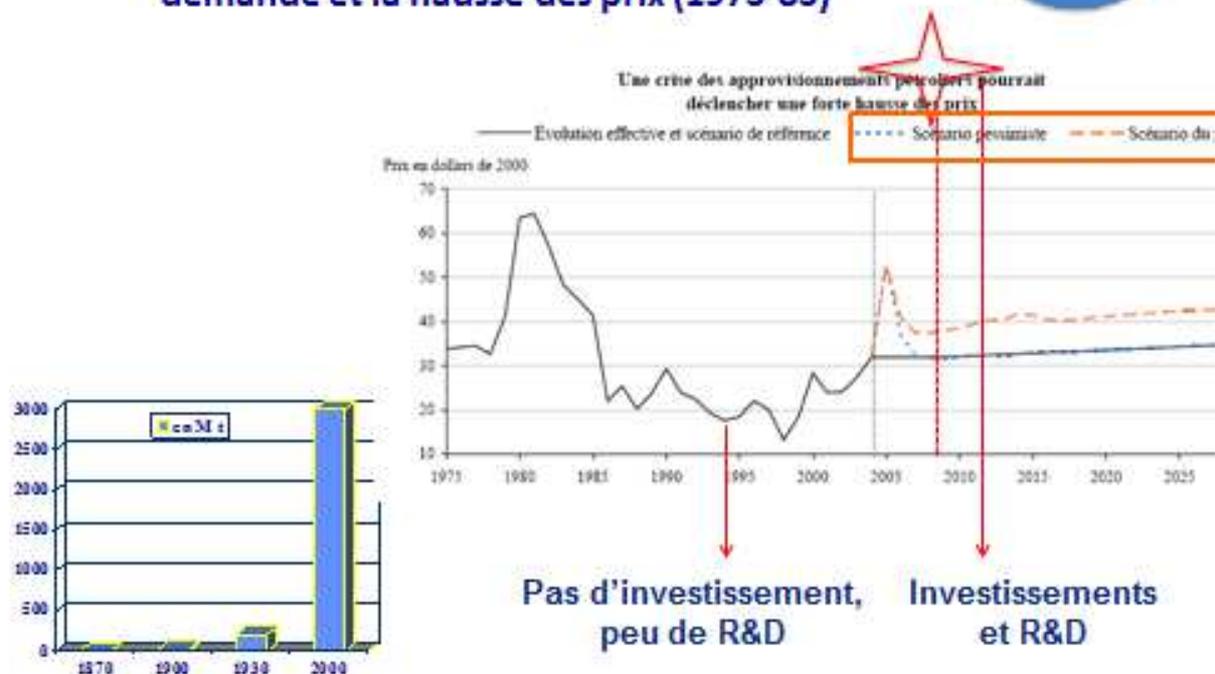
- Industrie pétrolière depuis 1859 aux USA - Titusville (terrestre)
- Depuis milieu du XXe : production offshore proche des côtes (10 à 20 m de prof.)



Sur l'histoire de la production pétrolière, nous avons commencé à exploiter le pétrole en 1859, d'abord majoritairement par de l'exploitation terrestre. Depuis le milieu du XXe siècle, nous faisons de la production offshore avec des profondeurs très faibles, 10 à 20 m, très proche des côtes. Vous voyez l'illustration des technologies mises en œuvre au milieu du siècle passé. Je vais vous présenter cinq différences majeures qui font que nous nous posons tant de questions, et pourquoi nous développons autant d'innovations dans ce secteur.



### Une industrie hydrocarbure pilotée par la demande et la hausse des prix (1973-83)



Sur le contexte économique, vous voyez l'évolution du prix du brut avec le dollar figé en 2000. Vous voyez des évolutions très importantes et, en pointillé, les scénarios prédits en 2004 pour le futur, avec le scénario du pire et vous voyez qu'en 2008, nous avons été largement au-dessus du scénario du pire. Ce qui déclenche l'innovation dans le secteur offshore, c'est de passer de séquences avec très peu

d'investissements et de recherche et développement investis – parce que le prix du baril est très bas, et ce sont les premiers budgets sacrifiés – à des séquences avec beaucoup d'investissement et de R&D. Cela est très spécifique.

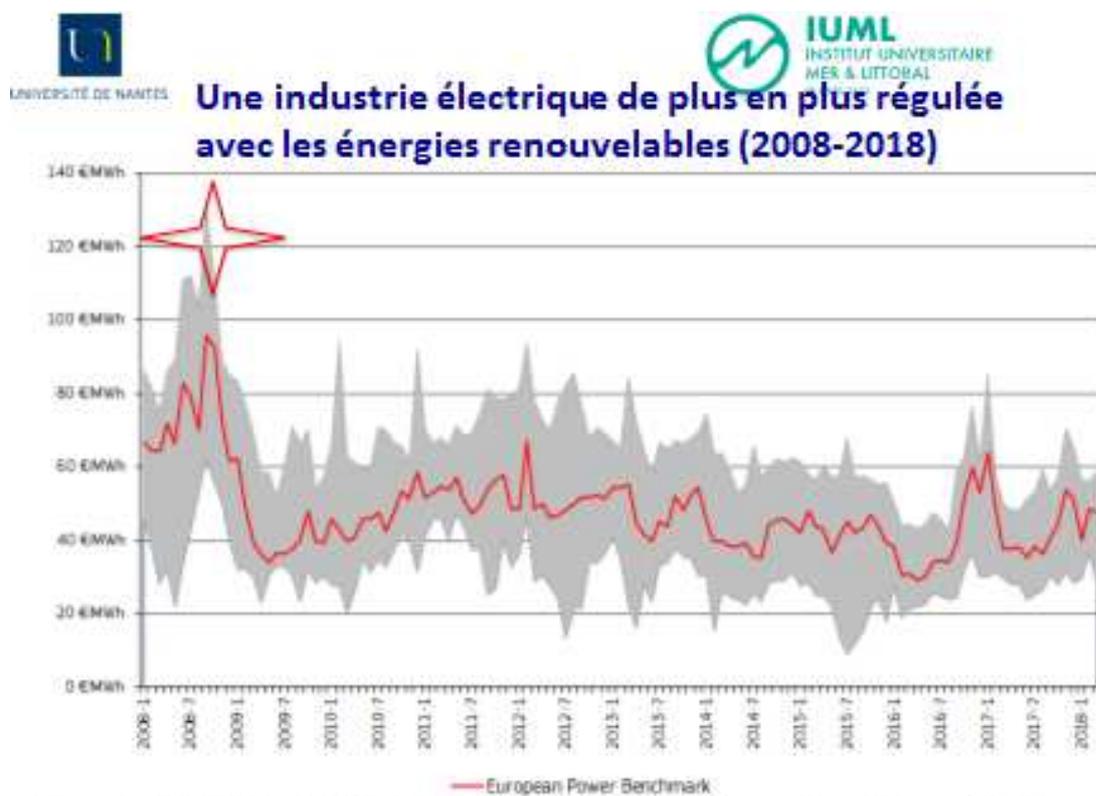
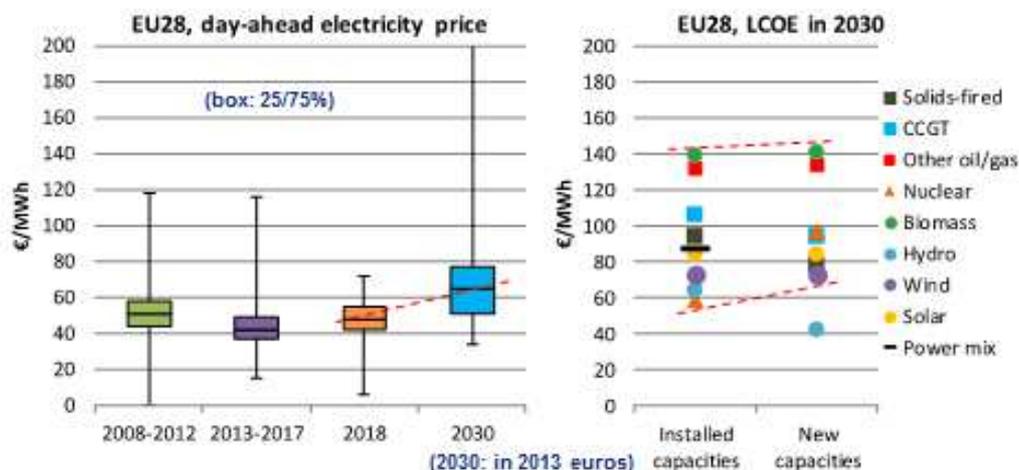


Figure 1 — Monthly wholesale electricity prices; range of maximum and minimum prices — Sources: Platts, European power markets

Report from the commission to the european parliament, the council, the european economic and social committee and the committee of the regions  
Energy prices and costs in Europe. Bruxelles, 9 Janv. 2019

L'évolution du prix global de l'électricité en Europe montre un pic en 2008, suivant les effets conjoncturels du prix de l'électricité, qui est notamment indexé sur les prix de l'énergie fossile, et vous avez les évolutions. Vous comprenez que l'on ne peut raisonner sur l'innovation avec la même cadence que peut se permettre l'offshore pétrolier, car les bénéfices ne sont pas aussi importants.

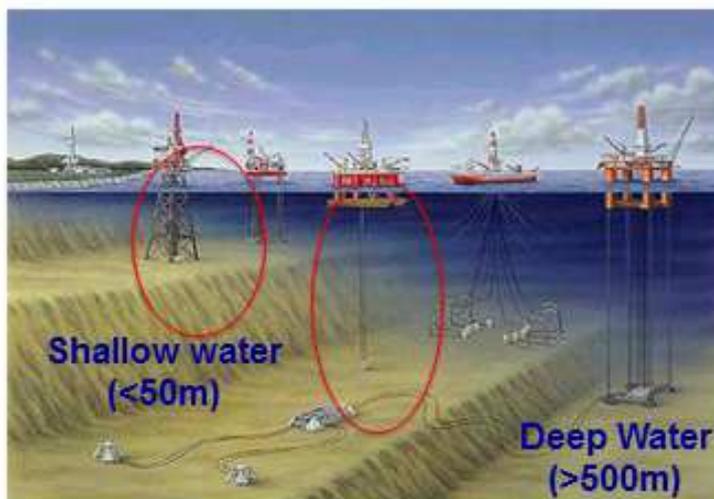


Significant subsidies are paid to power generators, through renewable energy subsidies and capacity mechanism payments in particular, to cover part of costs of investment

Report from the commission to the european parliament, the council, the european economic and social committee and the committee of the regions  
Energy prices and costs in Europe, Bruxelles, 9 Janv. 2019

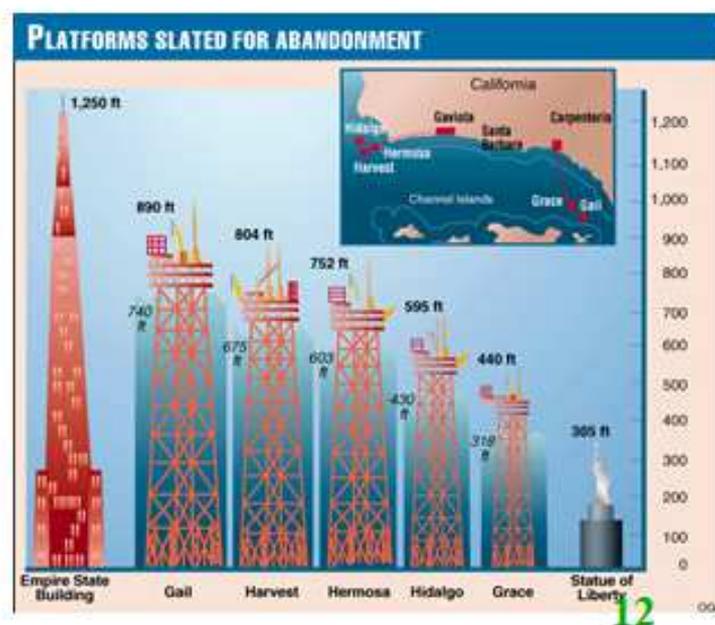
Ce rapport date de moins d'une semaine. Il a été développé à partir des statistiques produites par l'Europe des 28, avec encore le Royaume-Uni. Ce rapport montre une tendance très forte de l'augmentation du prix de l'électricité en 2018, qui va augmenter petit à petit jusqu'en 2030. Si vous regardez le graphique de droite, vous voyez que le prix du nucléaire est indiqué comme étant une énergie qui va coûter plus cher en 2030 que maintenant. Tout cela s'explique mais il est très important de le dire. Parmi les coûts qui diminuent, nous trouvons les énergies hydrauliques, avec les inconvénients qu'elles représentent en termes d'impact environnemental. On constate une certaine stabilité d'autres coûts, notamment celle du vent qui présente une stabilité pour les investisseurs.

### Exemples de concepts O&G selon les sites de production



Une fois ce contexte posé qui montre l'intérêt de travailler sur ces technologies, quelques éléments sur les enjeux technologiques. Nous allons d'abord travailler sur ce que nous appelons la « faible profondeur » dans l'offshore éolien, des profondeurs inférieures à 50 m, alors que les grandes profondeurs en offshore pétrolier sont supérieures à 500 m.

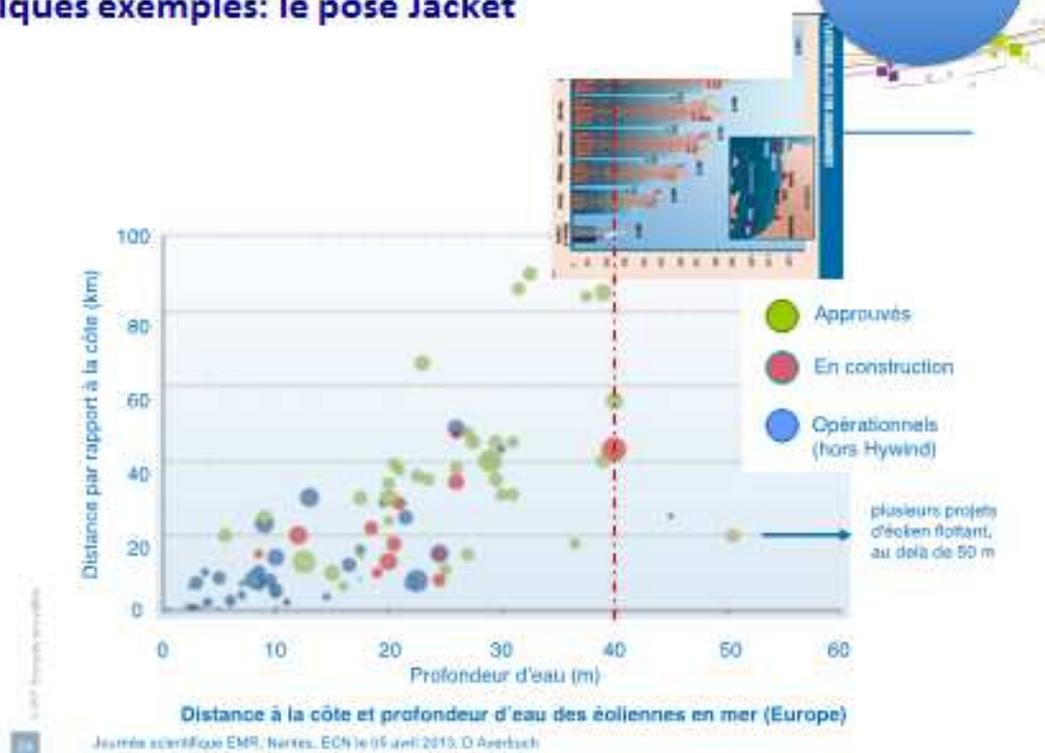
Jacket platforms



Si nous regardons les technologies développées en offshore pétrolier, la plus grosse structure installée dans le monde est pratiquement de la hauteur de l'Empire State Building, 300 m de hauteur. Ce sont typiquement les technologies très usuelles qui ont été utilisées dans les années 80.

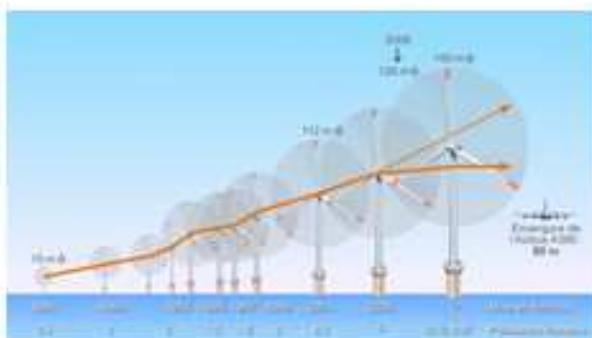


## Quelques exemples: le posé Jacket



Une fois de plus, en France, comme nous n'avons pas cela au large de nos côtes, nous n'avons pas cette connaissance de ces technologies, mais elles ont été fortement développées. Sur le graphique présenté, vous voyez en abscisse la profondeur d'eau, et en ordonnée la distance par rapport à la côte. Après la verticale rouge qui correspond à une faible profondeur dans l'offshore pétrolier, nous allons passer sur du flottant alors que jusqu'à présent, en offshore pétrolier, on peut se permettre d'avoir du posé. Cela est dû essentiellement aux questions de coûts qui ont été évoqués.

## Quelques exemples: le posé



### Vibrations dues au vent

- Désordres observés sur 60% des monopiles en 2010

### Porter des turbines de puissance croissante

- Progrès technologique

### Limiter le nombre de structures

- Impact et coût (installation)

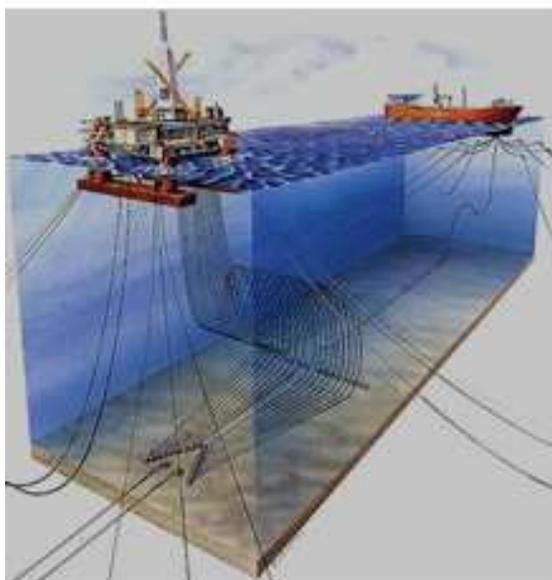
### Verrous identifiés

- Interactions (vent, mer, sol)
- Nature et comportement du sol

Quelques exemples sur des verrous technologiques existants et sur lesquels des laboratoires travaillent. D'abord, il existe des vibrations dues au vent, que nous n'avons pas dans l'offshore pétrolier, ou pas avec la même intensité. Des désordres ont été observés sur 60 % des monopiles en 2010, qui sont des fracturations du *groot*. Le *groot* fait la connexion entre la fondation dans l'eau de la monopile et la partie qui supporte le mât, c'est-à-dire la pièce de transition. Ces désordres n'avaient jamais été vus dans l'offshore pétrolier même si ce *groot* était utilisé. Ensuite, il va falloir porter des turbines de puissance croissante qui nécessitent des progrès technologiques, notamment dans l'interaction entre les différentes pièces. Il faudra aussi limiter le nombre de structures, notamment pour des questions d'impact et de coût.

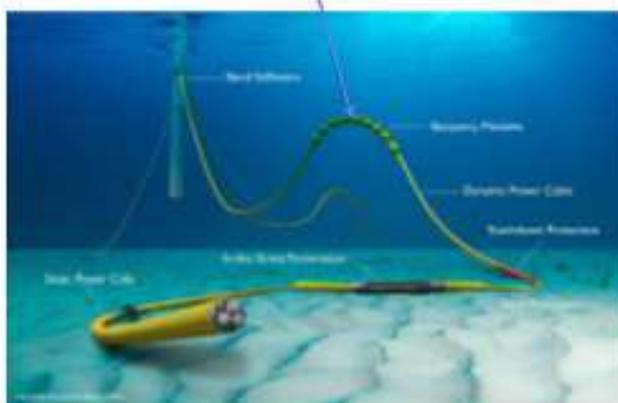
Cela implique de résoudre deux verrous. D'abord, les interactions : nous devons mieux comprendre comment le vent, la mer et le sol interagissent autour de la structure, dans une même entité, sans cloisonner les différents effets, ce qui a été réalisé dans l'offshore pétrolier pour des questions de rapidité de calcul. Ensuite, la nature et le comportement du sol a été très peu investigué et ce sujet est toujours ouvert. Il va devoir être mieux analysé et mieux pris en compte, pour monter en puissance et réduire le nombre de ces structures. Vous voyez un graphique sur l'augmentation de puissance.

## Quelques exemples: le flottant



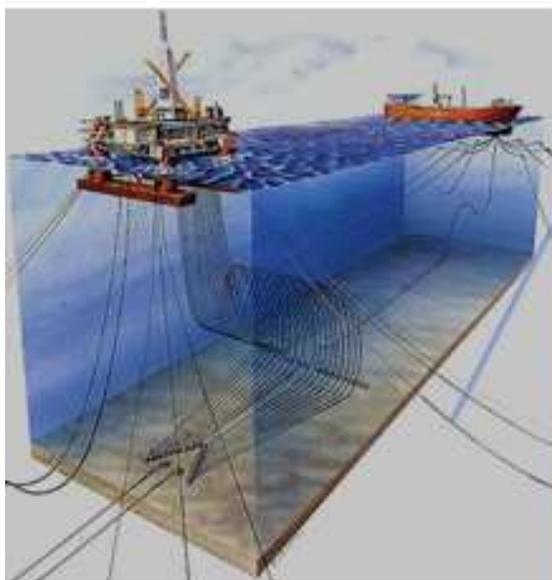
### Ombilical: courbure

- en grande profondeur (200m..) O&G
- proche de la surface (10-20 m) pour l'éolien flottant



Sur le flottant, plusieurs enjeux coexistent. J'ai pris aussi un exemple dans l'offshore pétrolier. Ce que l'on appelle l'ombilical, c'est ce qui va porter l'électricité de cette éolienne flottante vers le sol, ce qui est utilisé aussi pour les hydrocarbures dans l'offshore pétrolier. Cette bosse d'ombilical se situe à une profondeur de 150 à 200 mètres, alors que dans l'éolien offshore, elle se trouvera plutôt à 10 ou 20 m de profondeur, parfois un peu plus pour l'éolien flottant. Ce câble ne va donc pas se situer dans les mêmes conditions environnementales, avec l'impact de la houle et avec l'impact du *biofouling*. Dans notre écosystème, nous travaillons de manière très importante sur ce sujet. Tout ce qui est agrégation de moules, d'algues, etc., impacte particulièrement ce câble, d'où la nécessité de comprendre son fonctionnement. Vous avez la même chose sur les ancrages.

## Quelques exemples: le flottant



### Ancrages:

- grande longueur: catener en O&G
- Tendu en éolien flottant (encombrement (concessions), coût)



En offshore pétrolier, les structures sont monolithiques, loin des côtes, par 1500-2000 m de profondeur, permettant de grands ancrages très éloignés de la structure. En éolien flottant, nous allons essayer de nous rapprocher de lignes, pas forcément complètement tendues, mais partiellement tendues, qui éviteront cette emprise très importante sur les structures. Ce sujet n'a pas été résolu dans l'offshore pétrolier et va devoir l'être dans l'offshore éolien. Comme il y aura de l'innovation, nous devons aussi être capables de comprendre si cela fonctionne réellement comme nous l'avions imaginé, ce qui signifie mettre des capteurs. Nous avons donc tout un champ technologique du développement de capteurs à envisager.

Quelle connaissance disponible ?



Proximité des côtes:  
houle faible profondeur,  
gouvernance (conflits  
entre usagers)-Zones  
non prospectées



La banane du désespoir

Un point a aussi été abordé dans les réunions précédentes de l'ARML, ce sont les questions de la connaissance disponible. Nous sommes à proximité des côtes, jusqu'à 40 km. Se posent des questions de gouvernance de zones qui n'ont pas forcément été prospectées. Par exemple, en mer du Nord (en superposant deux cartes, de l'éolien et de l'offshore pétrolier) l'éolien se trouve dans ce que j'appelle « la banane du désespoir ». Au Royaume-Uni, vous avez 500 km de distance entre les éoliennes installées en premier et les champs pétroliers installés. En termes de proximité des côtes, de connaissances des impacts et de discussions avec les acteurs, nous sommes sur des échelles complètement différentes, y compris au Royaume-Uni qui est pourtant leader en Europe actuellement sur l'éolien offshore.

## Approche risque: conséquence des défaillances



Un avant-dernier point très rapide sur les enjeux réglementaires : nous ne verrons jamais une éolienne dans cet état ! Ce sont typiquement les conséquences très importantes que nous allons retrouver dans l'offshore pétrolier, qui ne sont pas des conséquences envisageables dans les éoliennes offshore, ce qui permet théoriquement de relaxer certaines règles et dispositions réglementaires, notamment de certification. Ce champ reste ouvert, car nombre de règlements, à l'heure actuelle, sont calés sur les règlements de l'offshore pétrolier, et nous voyons que cela est une limite au développement de l'offshore éolien, puisqu'elle rend les instruments beaucoup plus conservatifs que ce qu'il faudrait.

Parc de structures ≠ Structure isolée`



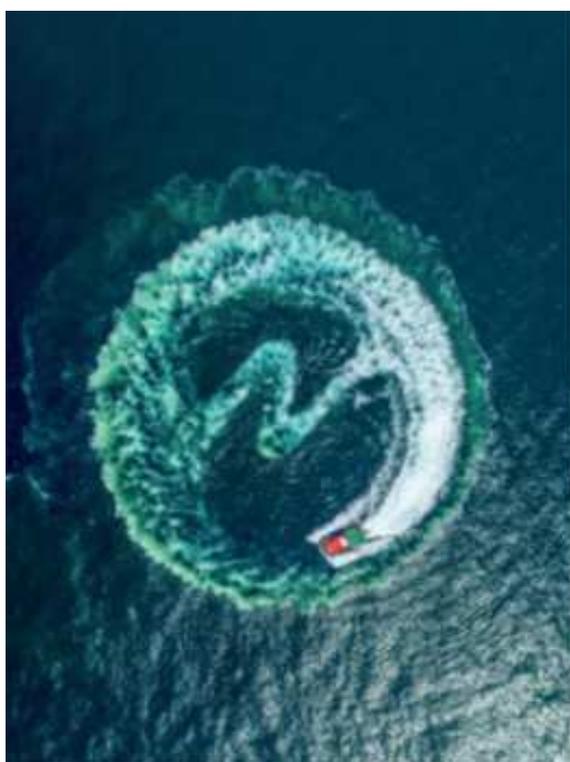
**EMR**      **100 structures**  
**même technologie**

**O&G**      **O&G**

**10 structures différentes**      **1 structure**

**Une Opportunité**

Enfin, sur la maintenance, nous avons aussi une opportunité de réduction des coûts. Nous avons par exemple cent structures avec une technologie relativement voisine, même si la profondeur change sur un même site, alors que dans le gaz, nous allons potentiellement trouver dix structures très différentes, ou une structure isolée. Cela rend la question de la réduction des coûts de main-d'œuvre et de maintenance beaucoup plus difficile à opérer que sur ces champs d'éoliennes.



## Conclusion

Des défis pour limiter les impacts et réduire les coûts ....

Améliorer l'acceptabilité au sens large

En conclusion et très rapidement, nous avons énormément de défis pour limiter les impacts et réduire les coûts, améliorer l'acceptabilité au sens large sur ce qui va être du bien collectif et du bien individuel. Cela supposerait aussi, et j'en terminerai par là, d'avoir une véritable vision stratégique maritime de notre pays. Il a beaucoup d'atouts et parmi ces atouts, nous avons beaucoup d'équipements en région, dont SEM-REV qui est notre porte-drapeau au niveau international sur les équipements en région.

### **Frédéric RAVILLY**

Merci beaucoup Franck. Je retiens finalement un enjeu particulier qui est la réduction des coûts, pour pousser l'innovation, et des contraintes qui peuvent être moins importantes en termes réglementaires, et des enjeux en termes d'espace et d'emprise maritime qui sont peut-être plus contraignants que dans l'offshore pétrolier. Nous y reviendrons peut-être pendant les questions.



## **Description des technologies**

### **Frédéric RAVILLY**

Nous allons maintenant passer la parole à Félix GORINTIN de la société INNOSEA, qui interviendra juste avant la SEM-REV pour nous présenter un panel des technologies existant aujourd'hui, éolien posé et éolien flottant.

### **Félix GORINTIN**

Bonjour à tous et merci aux organisateurs de nous laisser l'opportunité de parler. En quelques mots, je vais présenter INNOSEA. Le but de cette présentation est de donner quelques ordres de grandeur pour les systèmes éoliens flottants en termes d'emprise en surface, au sol et sous-marin.

## ■ INNOSEA – NOTRE PROFIL



Société de services spécialisés en ingénierie et en conseil en stratégie

100% focalisée sur l'éolien et les Energies Marines Renouvelables : expertise technique et marché sur les technologies, les acteurs et les perspectives de la filière

Eolien en mer  


Eolien terrestre  


Eolien flottant  


Houlomoteur  


Hydrolien  


Implantée en France et positionnée à l'international, à proximité des marchés en croissance : France et Royaume-Uni

Equipe de 30+ ingénieurs, doctorants et consultants en stratégie hautement qualifiés et expérimentés.

Nos valeurs d'entreprise  
 Priorité à la sécurité des personnes et des biens  
 Excellence et respect des délais  
 Satisfaction client

Now a proud company of:







2018-01-21 - Introduction aux technologies flottantes - INNOSEA - BCN

INNOSEA est une société d'ingénierie basée à Nantes, société d'essaimage de l'Ecole Centrale de Nantes créée en 2012. Aujourd'hui, notre spécialité est principalement autour des fondations et des turbines, donc l'ingénierie dans les énergies marines. En 2018, nous avons rejoint un groupe plus large qui s'appelle London Offshore Consultant.

## ■ Principe de conception des flotteurs en éolien flottant

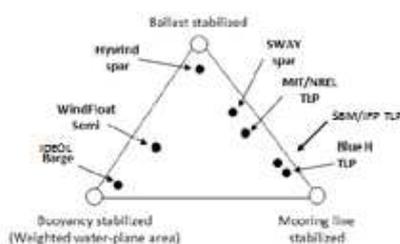
- Une approche systémique flotteur + système ancrage est nécessaire : les performances en stabilité et en tenue à la mer sont interdépendantes.

### ■ FLOTTEURS

- SPAR
- SEMI-SUBMERSIBLE (« SEMI »)
- TLP
- Barge

### ■ SYSTÈMES D'ANCRAGE

- Tendu
- Semi-tendu
- Caténaire



Source : NREL

2018-01-21 - Introduction aux technologies flottantes - INNOSEA - BCN

INNOSEA

3

Sur le principe de conception des flotteurs en éolien flottant, nous avons une approche systémique. Nous ne considérons pas uniquement le flotteur, mais aussi son ancrage qui a une influence forte sur sa dynamique. Le fait d'implanter une turbine sur le flotteur impose des contraintes dynamiques. Nous avons plusieurs typologies de flotteurs que je vais rappeler succinctement : le SPAR, le semi-submersible que nous allons retrouver à Groix-Belle-Île et le TLP (Tension Leg Platform), avec des ancrages tendus et une structure sous-marine. Nous avons différents types d'ancrage, ancrage tendu,

semi-tendu, des caténares, qui ont été déjà présentés. Nous avons aussi différents types de stabilisation, soit par des ballasts soit par des modules de flottaison ou par les ancrages. Je rappelle qu'une des spécificités de ces ancrages est qu'ils sont permanents, donc dimensionnés différemment d'ancrages temporaires comme pour les navires.

### ■ Exemples de sites typiques éolien flottant

Parameter	Value
Number of wind turbines	1, 5, and 50
Distance from shore	Approximately 30 to 50 km
Water depth	70 m
Water level range (absolute)	1.48 m

Méditerranée,  
golfe de Fos

Table 1: Main parameters for Site A (Moderate environmental conditions)

Parameter	Value
Number of wind turbines	1, 5, and 50
Distance from shore	9 km
Water depth	130 m
Water level range (absolute)	5.12 m

US, Gulf of  
Maine

Table 2: Main parameters for Site B (medium severe environmental conditions)

Parameter	Value
Number of wind turbines	1, 5, and 50
Distance from shore	19 km
Water depth	100 m
Water level range (absolute)	6.64 m

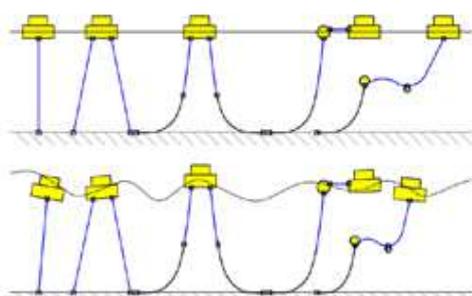
Ecosse, West of  
Barra

Table 3: Severe parameters for Site C (severe environmental conditions)

Source : LIFE50+

Je voulais vous présenter différents types de sites dont la typologie est assez variée, en termes de nombre de turbines que nous allons implanter, selon qu'il s'agit d'un prototype, de ferme pilote ou d'une ferme commerciale, mais également en termes de profondeur d'eau. Les trois sites que j'ai sélectionnés sont entre 70 m et 130 m de profondeur. Nous retrouvons cette typologie de profondeur en Méditerranée. Le marnage doit aussi être pris en compte pour le design. Les distances à la côte sont variables et peuvent être de 10 km comme aux États-Unis dans le golfe du Maine, pour un développement jusqu'à 30 ou 50 km comme cela peut être envisagé. Ces données sont extraites d'un projet européen, LIFE50+, dont les rapports sont disponibles.

### Exemple de type d'ancrages pour éolienne flottante



Source : LIFES50+

- Nombreux designs possibles
- Utilisent une partie de la colonne d'eau et peuvent avoir une forte empreinte au sol (ordre de grandeur : du diamètre du flotteur jusqu'à 1000m de rayon)
- Peuvent plus ou moins restreindre l'excursion du flotteur (ordre de grandeur : longueur du flotteur ~ 30 m de rayon)
- Indispensables pour assurer la survie du système et son maintien en position
- Dimensionnement s'assure que le système survit avec une ligne d'ancrage cassée

2019-01-22 - Introduction aux technologies flottantes - INNOSEA - 60N

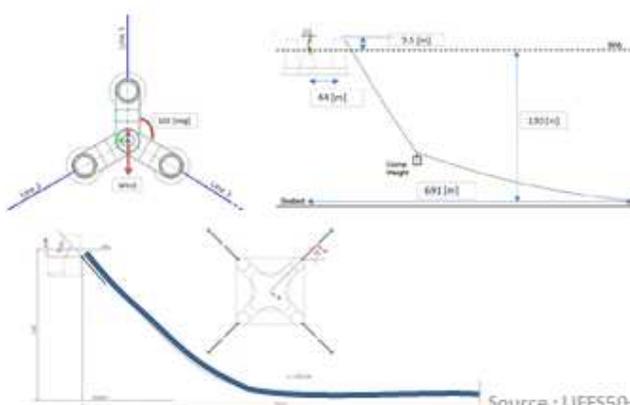
INNOSEA

5

Les ancres peuvent avoir plusieurs designs possibles. Nous avons présenté tout à l'heure les ancres tendus ou semi-tendus et les caténaires. Pour ces systèmes, une problématique courante sont les filets dérivants qui vont se prendre dans les ancres. Cela est difficile à détecter mais doit être pris en compte. L'intérêt de ces différents designs est dans leurs différentes empreintes en surface. Les ancres tendus ont tendance à avoir une dérive moins importante et, pour les ancres caténaires qui sont plus lâches, cela peut-être une fraction de la profondeur d'eau. Par exemple, 60 % de la profondeur d'eau en dérive, pour le flotteur. Ce sont les longueurs d'excursion maximale.

### Exemple d'ancrage pour éoliennes flottantes

- 2 concepts de flotteurs (et d'ancrage associé), dans le cadre du projet européen LIFES50+, turbine 10MW
- En collaboration avec l'industrie (Olav Olsen, NAUTILUS S.L., TECNALIA)
- Avec 130 m de profondeur d'eau



- Ancrage semi-tendu
- Le clump weight se déplace dans la colonne d'eau.
- Empreinte de 700 m de rayon au sol

Source : LIFES50+

- Ancrage caténaire
- Empreinte de 800 m de rayon au sol

Source : LIFES50+

2019-01-22 - Introduction aux technologies flottantes - INNOSEA - 60N

INNOSEA

5

Je vous présente deux concepts de flotteur. L'idée est de se rendre compte de l'empreinte au sol pour ces deux flotteurs. Je vous présente un ancrage semi-tendu, et un caténaire en-dessous. Pour ces deux ancres, les empreintes vont être relativement larges, de 700 à 800 m de rayon au sol. Donc les

éoliennes sont espacées en gros d'un kilomètre. Ce sont des ordres de grandeur similaires à l'éolien posé, comme nous l'avons vu précédemment. Le semi-tendu sera évidemment beaucoup plus raide que le caténaire. L'objectif de l'ancrage caténaire est que la chaîne est progressivement soulevée et ajoute de la raideur au fur et à mesure du soulèvement de l'ancrage.

#### ■ Exemple d'ancrage pour éoliennes flottantes

	Tendu	Caténaire	Semi-tendu (turret)
			
Flotteur	Glosten PelaStar, SBM/IFPEN (Provence Grand Large)	SeaReed (Naval Energies), WindFloat (Principle Power), Damping Pool (Ideol), Hywind (StatOil)	Aerodyn Nezy
Empreinte au sol	Faible	Large	Moyenne
Excursion à la surface	Très limitée	Moyenne	Limitée (+ orientation face à l'environnement)

Source : Carbon Trust

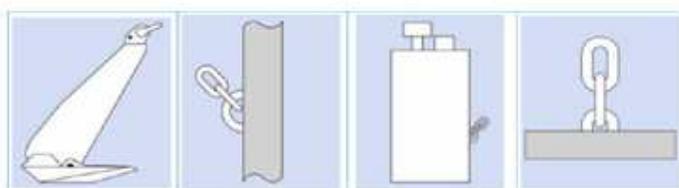
2018-01-22 - Introduction aux technologies flottantes - INNOSEA - 02/1

INNOSEA

Voici différents exemples de ce que nous retrouvons en France. Pour le projet de Provence Grand large, au large de Marseille, le flotteur est de type SBM/IFPEN, de type tendu (TLP). La structure est très rigide, nous aurons très peu de mouvements du flotteur, contrairement à l'ancrage caténaire qui a été retenu dans le concept Damping Pool de Ideol, qui met aussi en œuvre ce système. Sur le système installé du SEM-REV, il me semble que c'est du semi-tendu. Les principaux concepts Principle Power vont être installés au large de Leucate en Méditerranée, et par Naval Energies pour le projet de Groix-Belle-Île. L'intérêt est de comparer l'empreinte au sol et l'excursion à la surface, qui sont variables.

### Exemple d'ancres pour éoliennes flottantes

Ancre à traction	Pile/pile à succion	Ancre gravitaire
Bonne capacité dans un sol cohésif	Bonne capacité mais assez chère à installer	La capacité augmente directement les coûts d'installation qui peuvent être élevés.
Résiste aux chargements horizontaux: souvent associée à un ancrage avec une forte empreinte au sol	Résiste aux chargements horizontaux/verticaux	Résiste aux chargements verticaux, et un peu aux chargements horizontaux.
Peut être arrachée/déplacée si on tire dessus		



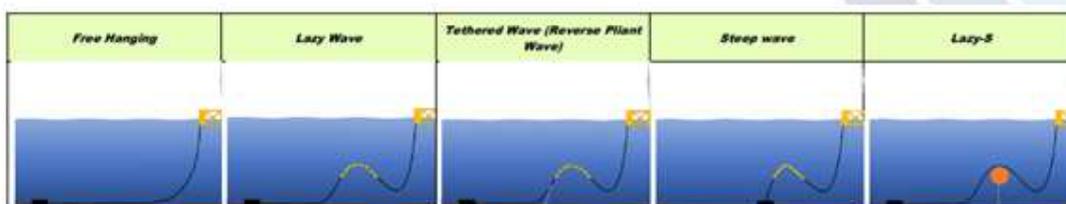
Source : LIFESS0+

2019-01-21 - Introduction aux technologies flottantes - INNOSEA - 8CN

Nous avons aussi différents types d'ancres, en fonction du type de sol à considérer, avec diverses installations majeures. L'ancre à traction est la plus souvent utilisée pour les caténaires et elle est relativement facile à installer. Si vous avez vu les images de Floatgen, cette ancre est très importante, elle pèse plusieurs tonnes. En termes d'installation, on tire dans un sens pour obtenir une tension résiduelle dans l'ancrage. Ces ancrages sont très dépendants de la direction dans laquelle on va tirer l'ancrage, ce qui est moins le cas du second type, les piles ou piles à succion. Les premières vont être battues, les secondes vont être posées et du vide est créé pour générer la succion qui maintient l'ancrage en place. La troisième solution consiste dans les ancres gravitaires. Nous en aurons peu pour l'éolien flottant car les ancres devraient être très volumineuses et elles ne sont pas efficaces d'un point de vue technico-économique.

### Exemple de câbles dynamiques pour éolienne flottante

- Câbles assez fragiles, se déplaçant dans la colonne d'eau
- Indispensables pour exporter l'énergie produite
- **Enjeu R&D** : qualification de câbles dynamiques haute tension pour l'export d'électricité



Source : INNOSEA



Source : OMDYN

2019-01-21 - Introduction aux technologies flottantes - INNOSEA - 8CN

Dans la colonne d'eau, on retrouve les câbles dynamiques qui sont relativement fragiles et dont on va essayer de minimiser le déplacement. Sur la taille, pour le câble export, RTE présentait précédemment la taille d'un ballon d'une trentaine de centimètres. Ces câbles-là sont d'un diamètre inférieur, de 15 cm à 20 cm. Différentes configurations existent, avec une pose directe et des modules de flottaison intermédiaires, qui permettent de limiter la fatigue des câbles.

### ■ Messages à retenir

- La plupart des équipements sont **immergés et invisibles à l'œil nu** depuis la surface. On retrouve les composants suivants entre la surface et le sol : flotteur, câbles dynamiques et systèmes d'ancrage.
- Les équipements sous-marins représentent un **risque en termes de sécurité maritime** en cas d'accroche.
- Un **ancrage permanent** n'est pas dimensionné comme un ancrage temporaire. Il met en œuvre plusieurs lignes et doit survivre pendant la durée de déploiement (> 15 ans).
- L'**empreinte au sol** d'une éolienne flottante varie en fonction du type d'ancrage retenu. Elle est très limitée pour un ancrage tendu (TLP) et peut dépasser plusieurs centaines de mètres de rayon pour des ancrages caténaux.
- L'**empreinte en surface** d'une éolienne flottante varie en fonction du type d'ancrage retenu. Elle est très limitée pour un ancrage tendu (TLP) et est de l'ordre de grandeur de la profondeur d'eau pour des ancrages caténaux.

En résumé, quelques messages sont à retenir. La plupart des équipements pour l'éolien flottant, en dehors du flotteur, sont immergés et invisibles depuis la surface. On y retrouve la partie immergée du flotteur, les câbles dynamiques, les systèmes d'ancrage. En cas de croche, le risque est élevé en termes de sécurité maritime. Un ancrage permanent se dimensionne de façon différente d'un ancrage temporaire. Dans notre cas, nous aurons plusieurs lignes, et l'installation devra durer pendant toute la durée du déploiement.

Si une ligne d'ancrage saute, il est courant d'avoir un système résilient et robuste. L'empreinte au sol varie en fonction du type d'ancrage. Elle va être très limitée pour les ancrages du type tendu, avec plusieurs centaines de mètres de rayon pour les ancrages caténaux. Idem pour la partie en surface : l'excursion peut être de l'ordre de la profondeur d'eau au maximum, en général 50 % de la profondeur d'eau maximum. Je vous remercie et j'espère avoir apporté quelques éléments quantitatifs.

### Frédéric RAVILLY

Merci beaucoup Félix. Nous allons passer la parole au SEM-REV pour un retour d'expérience de l'installation, notamment d'Ideol, sur le site.

### Yves PERIGNON

Merci à tous et merci pour cette invitation. Je profite de cette présentation pour vous faire un état des lieux du site d'essais en mer du SEM-REV. Ce site est un moyen d'essai de l'Ecole Centrale de Nantes, établissement public dépendant du Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche.

## Site d'Essai SEM-REV

Statut, Localisation et spécificités :



Site d'essai Multi-technologies

Concession du domaine public maritime et exploitation par Centrale Nantes

CAPEX: 20 M€

12mn du Croisic

Zone restreinte d'1 km<sup>2</sup>, Profondeur 35m

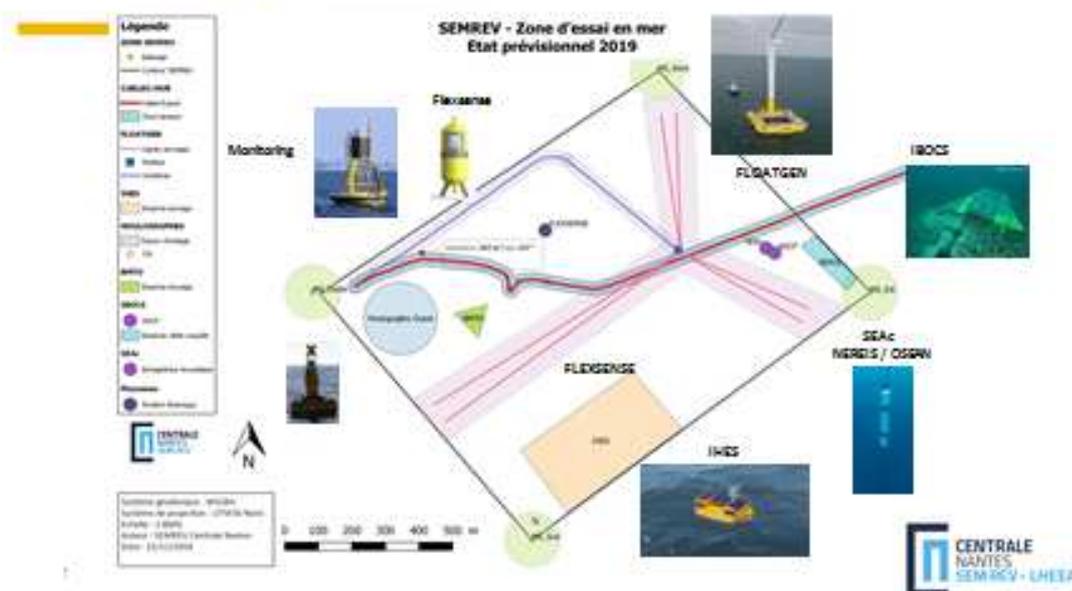
Connecté au réseau



Ce site d'essais en mer est un carré de mer d'un km<sup>2</sup>, localisé au large du Croisic, et qui a la spécificité de disposer d'une concession du domaine public maritime, une autorisation assez générique, qui permet d'encadrer le test en mer de technologies de type éolien ou de type houlomoteur. La concession est au nom de l'Ecole Centrale de Nantes et c'est l'Ecole qui assure son exploitation. Par rapport aux parcs qui nous ont été présentés, l'investissement est moindre, une vingtaine de millions d'euros pour l'infrastructure de recherche et de tests. Une grosse partie de cet investissement a été liée à la pose d'un câble, qui permet de raccorder ce site au réseau à terre ENEDIS.

La liaison se fait sous la falaise de la côte sauvage du Croisic, par un forage dirigé qui permet, à travers 23 km de câbles ensouillés sous 1,50 m de sédiments, d'acheminer un câble électroporteur. Ce câble porte également de la fibre optique pour les connexions en données sur le site. Ce câble est ensouillé, à quelques exceptions près sur quelques centaines de mètres, lorsque nous avons rencontré des sédiments un peu plus durs qui ont empêché d'ensouiller à la profondeur cible d'1,50 m. Il est donc protégé sur quelques centaines de mètres par des matelas en béton, qui protègent autant les usagers que le câble, lors des activités de pêche notamment. Ce câble a été ensouillé et installé en 2012. A la suite de différentes phases de développement, vous voyez l'état actuel du site et le plan d'implantation mi-2019.

## Planning d'Occupation



L'élément important de ce plan d'implantation est l'étoile qui représente l'empreinte des ancrages de Floatgen, que je vais présenter par la suite. Floatgen est l'éolienne flottante développée par Idéol, implantée depuis le printemps 2018 et raccordée depuis septembre 2018 au réseau. Sur un site d'un km<sup>2</sup>, vous voyez que dans 35 m d'eau, la solution d'ancrage retenue prend une empreinte quasiment complète sur le site. Ancrer une éolienne par 35 m d'eau est probablement moins simple que par des profondeurs un peu plus importantes. Un des enjeux a été d'avoir des ancrages efficaces sur une empreinte qui était légalement restreinte, c'est-à-dire un km<sup>2</sup>.

### Projet FLOATGEN

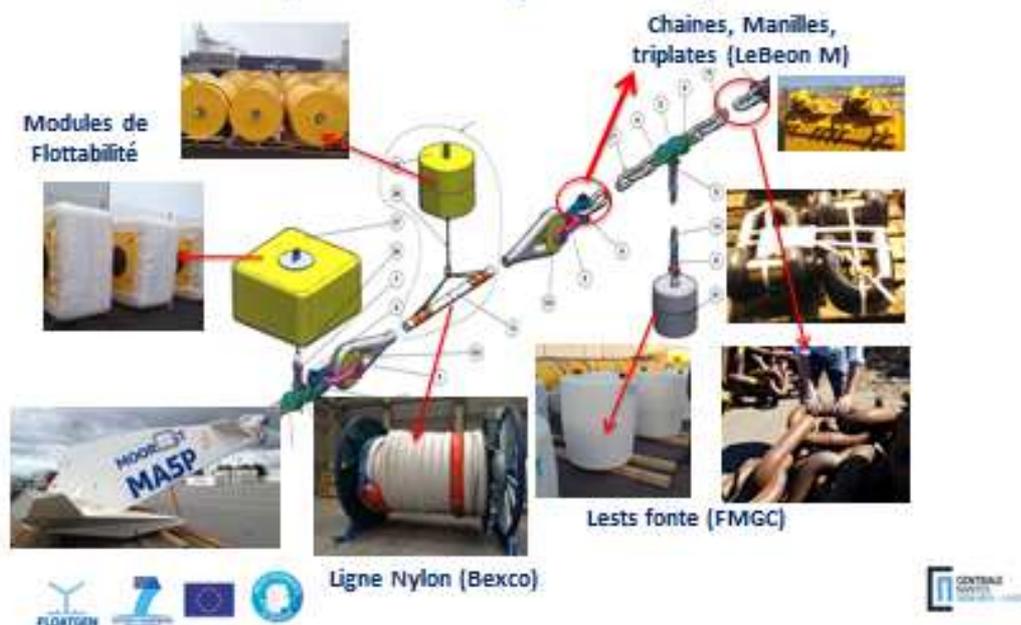
**Eolienne flottante 2MW**

Projet FP7 2014-2018  
2 ans de tests (Extension via FORESEA)  
Centrale Nantes: Site, lignes de mouillage et cables

Vous avez sans doute tous entendu parler de l'éolienne Floatgen. Elle a produit ses premiers mégawatts/heure à l'automne. Au-delà de ces premiers mégawatts/heure, elle fait la démonstration d'une technologie, qui n'est probablement pas à l'échelle 1 de ce que cela préfigure à l'échelle

industrielle. La turbine fait 2 MW, elle est posée sur un flotteur annulaire donut carré avec une piscine appelée Damping Pool. Le flotteur est en béton, construit à Saint-Nazaire et installé en mer sur le site d'essai. Le rôle de Centrale Nantes, dans le projet Floatgen qui porte cette démonstration, est de réaliser la connexion entre la technologie portée par Idéol et des conditions d'environnement, des usagers et le réseau électrique.

### FLOATGEN : Composants des lignes d'ancrage

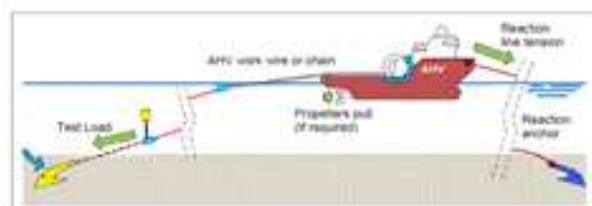


Cette connexion se fait entre autres par des systèmes d'ancrage que vous voyez en photos. L'éclaté montre une ligne d'ancrage type, de type semi-tendu. A gauche, le type d'ancre qui permet de prendre appui sur le fond marin, et de relier l'éolienne à un appui sécurisé. Le lien se fait via une ligne en nylon. Le nylon a des propriétés un peu particulières dont l'exploitation est un peu inédite dans l'ingénierie offshore. Ce matériau se détend sous la contrainte ce qui a imposé quelques spécificités à l'installation. La ligne d'ancrage se compose d'une ligne de nylon et de différents composants, des lests et des flotteurs qui permettent d'atteindre une géométrie idéale pour reprendre l'ensemble des efforts de la manière la plus horizontale possible pour maintenir le flotteur à sa position cible. Différents composants, chaînes et maillons, viennent relier les points d'attache de l'éolienne jusqu'à l'ancre.

## Projet FLOATGEN

### Pré-Installation de Mûillage : 2017

- Positionnement des Ancres
- Pré-tensionnement des lignes
- Tensionnement
- Abandon



Les images présentées datent de l'été 2017. Cet été-là, nous avons procédé à l'installation de la ligne d'ancrage. Ces lignes d'ancrage ont donc une propriété d'extension. Nous avons utilisé un remorqueur spécialisé dans la pose des ancres, plus habituellement dans l'offshore pétrolier. En appliquant une tension qui correspondait à peu près à la tension extrême à laquelle nous pensons que l'éolienne sera soumise sur son cycle de vie, ce bateau a permis d'étendre la ligne à la longueur nominale, après avoir positionné les ancres. Six ancres ont été positionnées. Nous les avons apportées, sous traction, à leur position définitive via une traction maximale. Nous avons pré-étendu les lignes de nylon pour qu'au cours de sa vie, l'éolienne ne subisse pas de baisse de tension sur les lignes. Et ces lignes ont été abandonnées pour un an, avec un système de double ancrage. Comme un élastique, nous avons retendu, avec une autre ancre placée en tête de ligne, pour positionner ces lignes sous tension et sous flottabilité, pendant quasiment un an.

## Suivi du test Floatgen: Démarches R&D associées



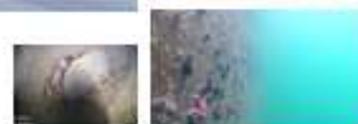
### Régimes de suivi :

- Méthodes de suivi en service
- Installation and procédures d'opérations
- Gestion de l'énergie et des données
- Analyses de performances et sillages par Lidar Vent



### Suivi Environnemental :

- Développement du Biofouling
- Impacts Environnementaux : acoustiques, électromagnétiques, ...
- Stabilité et Enroulage des Câbles



### Innovation :

- Démonstration de design innovant
- Test des sous-systèmes



Au-delà de la production des premiers mégawatts, un ensemble d'enjeux et de risques sont à dérisquer, pour arriver à mieux connaître la structure sur laquelle nous travaillons, les conditions dans lesquelles nous la plaçons, afin de réduire les coûts d'exploitation, à terme, dans un contexte industriel. Les différentes problématiques sont affichées ici, notamment la connaissance un peu plus fine du vent et des propriétés de sillage sur un engin flottant. Comme le mentionnait Franck, également toutes les problématiques de *biofouling*. Nous avons là les premières images faites par un robot sous-marin, des lignes d'ancrage de Floatgen, de sa coque, avec quelques oursins et quelques étoiles de mer. Nous suivons la vie sur le site au sein de différents partenariats, avec différents partenaires qui présenteront leur activité. Le travail est à l'œuvre et nous en avons encore !



## Echanges avec la salle

### Frédéric RAVILLY

Merci beaucoup. Nous pouvons les applaudir. Nous arrivons à la fin de cette partie plénière. Merci à tous. Il n'est pas étonnant que nous ayons du retard mais le sujet est important et je vous invite maintenant à poser vos questions après ces exposés. Nous prendrons le temps qu'il faudra pour y répondre.

### Sébastien ELISSALDE

Sébastien ELISSALDE, Airbus. J'ai une juste une question technique par rapport aux pertes en ligne sur ces lignes 225 000 V dans les câbles sous-marins entre la sous-station et la terre. Combien perd-on, et y a-t-il une limite technico-économique à respecter ?

### Hervé MACÉ

Le dimensionnement des câbles électriques se fait par rapport aux pertes actives et aux pertes réactives car nous n'avons pas que des pertes joules dans un câble. C'est d'ailleurs pourquoi les éoliennes posées de 500 MW sont transportées en 225 000 V, car cette tension permet d'avoir peu de déperdition au niveau des pertes joules. Plus la tension est élevée, moins les pertes joules sont importantes. On dimensionne le câble pour avoir le moins de pertes. Pour vous donner une idée du pourcentage de pertes joules, c'est en gros 5 % sur le réseau général électrique. Ici elles sont un peu moindres mais nous privilégions quand même de monter la tension, pour minimiser les pertes de transport, car cette énergie est perdue.

Ce qui nous intéresse le plus dans le dimensionnement des câbles électriques, ce sont plutôt les pertes réactives, ou cumulées sur une très grande longueur. Nous avons des raccordements de 50 à 60 km, qui génèrent des pertes réactives, des montées de potentiel à l'arrivée sur le réseau général. C'est pour cela que nous faisons un poste comme Prinquiau ou celui en Vendée, pour mettre en forme l'onde et compenser ces pertes.

### **Bernard GUILLEMOT**

Ma question est technique et concerne mon association. Si j'ai bien compris, les alternateurs des éoliennes ne délivrent pas du 50 Hz. Donc au niveau de l'éolienne, on est obligé de passer par du continu et de repasser ensuite aux 50 Hz, puis de transformer ensuite en 225 000 V le 50 Hz. Pourquoi ne pas transformer directement en continu, à moins que la tension ne soit trop faible ?

### **Hervé MACÉ**

Ayons à l'esprit qu'un raccordement en courant continu est d'un coût extrêmement plus élevé, par la nécessité de construire à chaque extrémité des stations de conversion. Pour ces raccordements, la solution 225 000 V alternatif constitue le meilleur optimum économique. Pour le cas du raccordement de Saint-Nazaire, le traitement de l'effet capacitif des câbles conduit à installer 400 Mégabars dans le poste de Prinquiau.

Je précise que l'utilisation de la technique de courant continu en mer va dépendre de la puissance à transporter et de la distance. Jusqu'à 50 km, dans des puissances de 500 MW, le courant alternatif est largement plus efficace. C'est pourquoi nous le privilégions. Au-delà, il vaut mieux du courant continu, c'est pourquoi nous l'utilisons dans des endroits comme le golfe de Gascogne, Bordeaux-Bilbao ou France-Irlande, où nous mettons du courant continu. Cela vaut le coup vu la distance et la puissance.

### **José JOUNEAU**

Pour Floatgen, on s'aperçoit que pour une puissance de 2 MW, l'emprise au sol est d'un km<sup>2</sup>. Tout à l'heure, nous avons dit que nous irions vers des 12 voire 14 MW. Pouvons-nous connaître l'emprise qu'il y aura par 100 m de fond ? Avons-nous déjà un aperçu ?

### **Félix GORINTIN**

Sur les exemples que j'ai présentés, je crois que nous avons 700 à 800 m de rayon au sol, pour une puissance de 10 MW par 130 m de profondeur d'eau.

### **Frédéric RAVILLY**

Finalement il n'existe pas forcément une proportionnalité directe entre la puissance de l'éolienne et le rayon d'ancrage, puisque nous parlions d'un km sur Floatgen et ici, pour 700 m de rayon, nous avons 1,5 km.

### **Félix GORINTIN**

La particularité sur Floatgen est la profondeur d'eau, relativement faible, une trentaine de mètres. Du coup, il est beaucoup plus difficile d'ancrer une structure en très faible profondeur, notamment du fait de la position du flotteur au sein du site. Nous avons vu que les lignes n'ont pas les mêmes longueurs. Les lignes orientées vers l'ouest sont beaucoup plus longues car nous allons retenir le flotteur. Nous aurons ces ordres de grandeur. Si vous avez vu l'enquête pour le projet de ferme pilote de Groix-Belle-Île, nous avons quatre turbines sur 10 km<sup>2</sup>, ce qui donne une éolienne à chaque kilomètre en gros, et les lignes d'ancrage vont se croiser, nous sommes donc autour de 600 m par ligne.

### **José JOUNEAU**

Justement, nous étions à la grande Commission nautique et nous nous sommes aperçu que le nombre de lignes d'ancrage n'était pas encore défini. Il a été parlé de sept ou huit, c'est vous qui l'avez proposé. Par déduction, je me dis que si l'éolienne est ancrée par 200, 250 voire 300 m de fond, elle aura beaucoup moins d'emprise au sol qu'une éolienne ancrée par 30 à 50 m de fond.

### **Félix GORINTIN**

Cela va dépendre du type d'ancrage sélectionné.

### **Anne-Claire BOUX**

Pour compléter, c'est le type d'ancrage sélectionné qui va faire toute la différence sur l'emprise et pas la puissance de la machine. Par exemple, sur le projet Provence Grand Large que nous développons en Méditerranée, sur les ancrages tendus qui ont été présentés, l'emprise est de 70 m. Et les machines font 8 MW. Tout va vraiment dépendre du type d'ancrage. La profondeur va jouer mais pas autant. Sur Provence Grand Large, je n'ai pas la bathymétrie exacte mais nous sommes beaucoup plus profonds.

### **Frédéric RAVILLY**

Pour continuer la question, comment se choisit le type d'ancrage ? Est-ce la nature des sols, le type d'éolienne ? Quels sont les critères qui définissent ancrage tendu ou pas tendu ?

### **Félix GORINTIN**

Évidemment, la nature des sols a beaucoup d'influence. Dans un sol dur, nous ne pourrons pas utiliser une ancre à traction, une autre solution sera privilégiée, notamment avec les piles, des ancres à succion que nous retrouverons dans des sols plus comme de la vase ou comme certains types de sable. Ces différences se font vis-à-vis des concepts, sachant que le type d'ancrage influe beaucoup sur la dynamique du flotteur. Il est difficile d'avoir une réponse générique.

### **Laurent DUBOST**

On apprend que pour l'éolien en mer, le poste source et tout le raccordement vont être pris en charge par RTE. Or, il existe une forme de compétition entre les différentes formes d'énergie renouvelables. Et pour l'éolien ou le photovoltaïque terrestre, ces dispositions sont à la charge du promoteur du projet. Donc quand demain, chacun va avancer ses éléments pour dire « Moi j'ai une filière plus compétitive que toi », ce sont encore des choux et des légumes qui seront comparés. Qu'est-ce qui a prévalu à cette notion de prise en charge du poste source et du raccordement ? Cela doit représenter 300 ou 400 millions d'euros si ma mémoire est bonne, dans le cadre du projet du banc de Guérande, par RTE, ce qui n'existe pour aucune autre source d'énergie renouvelable.

### **Louis du PASQUIER**

Ce que vous dites est tout à fait exact. Il est clair est qu'il faudra toujours comparer ce qui est comparable. De ce point de vue, faisons attention notamment en comparant des coûts d'éolien offshore, pour savoir si l'on inclut ou non le raccordement. Ce que nous avons en France est la même chose qu'à l'étranger. Aujourd'hui, les tarifs de subventions sont accordés généralement sans la partie

raccordement. C'est donc un point de vigilance lors des comparaisons. Voilà pour la première partie de votre question.

Ce qui a motivé un « traitement de faveur » à l'éolien offshore, c'est que quasiment aucun autre projet d'énergie renouvelable n'a une taille aussi importante. Les parcs éoliens offshore de 500 MW sont des objets extrêmement gros, et les porteurs de projets perçoivent un risque assez élevé, sur le fait que le raccordement ne soit pas présent.

Car sans raccordement, tout est terminé. Le fait de supporter le coût du raccordement, en plus de leurs propres investissements et de leurs propres risques, générerait des coûts de soutien public supérieurs. Nous n'avons pas inventé grand-chose, puisque nous sommes le dernier pays à faire cela, mais nous nous sommes rendu compte à l'étranger que, dès lors que l'on assure le coût du raccordement non pas par le producteur mais par le gestionnaire de transport, les coûts d'appel d'offres sont en général un peu plus compétitifs. Le porteur de projet est déjà libéré de cet investissement, et RTE fournit d'autres garanties, tel le délai de raccordement. Cela est plutôt à mettre en regard du coût de soutien public.

### **Frédéric RAVILLY**

Cela dit, votre question est intéressante. Quand les choses seront comparées, il faudra bien les comparer dans le même périmètre.

### **Agnès GARÇON**

J'enfile ma casquette de ressources minières. Le professeur SCHOEFS nous a exposé les conditions du pétrolier offshore. Je me pose une question. La qualité des études géosismiques va conditionner les ancrages éventuels, et ces études géosismiques vont être réalisées par l'État, ainsi que la bathymétrie, pour construire des appels d'offres tout à fait bien pilotés. Par ailleurs, les gens de l'éolien demandent peut-être une dynamique un peu accélérée, sachant que nous sommes dans des conditions maritimes un peu compliquées au large de nos côtes.

Est-ce qu'éventuellement des entités comme l'État ou les Régions envisagent de procéder à des campagnes multiclient ? C'est ce que fait CGG en Manche-Mer du Nord pour le gaz par exemple. Il acquiert de la donnée sur de vastes espaces puis, en fonction de la demande, qui du gazier, qui de l'éolien, il fournit la donnée nécessaire. Dans ce cas, l'avantage est dans des campagnes encadrées, avec des coûts encadrés et partagés.

### **Louis du PASQUIER**

Ce que l'État envisage de faire aujourd'hui comme études de sol, en amont des appels d'offres, ce sont des études qui sont très coûteuses. Peut-être des experts, des exploitants seront plus capables d'en parler que je ne le suis. Un des éléments très importants pour connaître le coût d'installation d'une éolienne posée, est de faire des forages, un peu comme pour le pétrole, en forant sur des dizaines de mètres le sol pour connaître sa composition exacte, sa réaction etc. Ces études sont très coûteuses. Pour donner un ordre de grandeur, un forage coûte 1 M€. Nous ne pouvons donc pas les faire partout et nous nous contentons de les faire au dernier moment, quand la zone précise a été sélectionnée. Ces études seraient trop coûteuses à effectuer partout.

En revanche, dans le cadre de la préparation des participations du public pour trouver les zones favorables, nous essayons de nous servir de toutes les données géophysiques et géotechniques des fonds marins qui préexistent. Nous n'en avons pas nécessairement beaucoup, voilà une des difficultés.

Mais nous n'avons pas de volonté de grande campagne. Ce serait formidable mais malheureusement je pense que Bercy ne donnerait jamais les budgets pour les faire.

### **Agnès GARÇON**

Si je peux me permettre, comme c'est un peu ma partie, les campagnes développées par CGG pour couvrir l'ensemble du Golfe du Mexique représentent 1,3 million de dollars. Nous sommes en dollars US. Par rapport à votre million d'euros pour les forages, il me semble qu'il pourrait être intéressant de regarder de près ce genre d'outils. La comparaison avec l'offshore pétrolier n'est pas souvent faite. J'imagine que nous n'inventons pas la lune ici, et que les gens de l'éolien ont déjà pensé à tout ça, mais il me semble que des questions peuvent se poser en mutualisation de données ou en utilisation de campagnes.

### **Charles GÉNIBREL**

Charles GÉNIBREL, conseiller CESER Pays de la Loire. Je voulais poser une question au pilote du projet de Saint-Nazaire en ce qui concerne l'arrivée des deux câbles sous-marins, qui auront parcouru, si j'ai bien compris, 33 km, avec l'arrivée prévue sur la plage de la Courance. J'ai bien noté que nous avons le souci d'éviter l'agglomération nazairienne. Malheureusement, la plage de la Courance fait partie de l'agglomération nazairienne et, au-delà de la plage, existe une zone de densification urbaine croissante depuis une douzaine d'années. Je voudrais savoir pourquoi la Courance a été choisie parce que, vu la situation des éoliennes, elle ne me paraît pas être la plus proche. Je veux bien que la ligne droite ne soit pas le meilleur critère en matière d'acheminement de câbles sous-marins, mais tout de même ! Où le câble va-t-il passer ensuite pour aller à Prinquiau ?

### **Hervé MACÉ**

Je ne vais pas faire ici le résumé de quelques années de concertation. Si vous le souhaitez, je pourrais vous rencontrer spécifiquement pour vous refaire un historique complet de la concertation et de l'origine du choix de la Courance pour l'atterrage. En premier lieu, ce sont les conditions de sécurité maritime qui ont orienté le choix de la zone d'atterrage. Clairement, nous ne pouvions pas aller plus en amont de l'estuaire de la Loire au titre de ce raccordement.

### **Charles GÉNIBREL**

On arrive tout de même tout près du canal d'arrivée pour l'entrée dans le port de Nantes-Saint-Nazaire, on n'en est pas loin.

### **Hervé MACÉ**

Cela a été examiné dès 2012–2013 avec l'ensemble de la profession.

### **Matthieu MONNIER**

Un complément très rapide sur la prise en charge du raccordement par RTE avec la Loi hydrocarbure. Le gros intérêt de cette mesure, qui fonctionne très bien à l'étranger et qui permet de mieux maîtriser les coûts, est aussi l'anticipation et la planification pour le gestionnaire de réseau. C'est-à-dire que la PPE va donner une visibilité, et RTE pourra anticiper les travaux et mutualiser sur les plates-formes de

raccordement. Par ailleurs, indiquons que cela a très bien fonctionné jusqu'à présent puisque la filière électronucléaire en a bénéficié largement pour s'implanter.

### **Jean-Marc BOYADJIS**

Sur la prise en charge financière du raccordement par RTE, ce n'est pas parce que nous avons la prise en charge du raccordement que nous allons maîtriser financièrement le raccordement. C'est notre objectif depuis le début et nous continuerons. C'est le métier même de notre service public, qui est de faire des raccordements à moindre coût. Enlevez-vous de la tête que, parce que nous avons enlevé le raccordement et qu'il a été mis à la charge de RTE, RTE va mieux maîtriser son coût. C'est une imprécision.

### **Matthieu MONNIER**

C'était très clair de notre côté mais disons que le fait que RTE pilote l'intégralité du processus, permet d'accroître encore les gains sur la maîtrise des coûts, comme cela s'est vu en Allemagne par exemple.

### **Frédéric RAVILLY**

À propos du choix « posé ou flottant », avec les paramètres que j'imagine bien, sait-on aujourd'hui à peu près à partir de quelle profondeur on passe du posé au flottant ?

### **Anne-Claire BOUX**

La profondeur n'est pas fixe mais c'est environ autour de 50 m.

### **Frédéric RAVILLY**

C'est-à-dire qu'à partir de 50 m il est plus avantageux de passer sur du flottant, pour des raisons essentiellement économiques, ou techniques ?

### **Anne-Claire BOUX**

Les deux sont liés. Sur quelques zones de la côte française, la question pourrait se poser entre du posé ou du flottant, autour de cette bathymétrie de 50 m. Aujourd'hui par exemple nous ne pourrions pas mettre d'éoliennes flottantes sur la zone du banc de Guérande parce qu'il ne s'y trouve pas assez de profondeur. Si l'on va plus profond, au-delà de 70 ou 80 m, il est très net que nous allons mettre de l'éolien flottant.

### **Christophe CHABERT**

Christophe CHABERT, FEE et en charge du projet de Groix-Belle-Ile. Si je peux me permettre de compléter ce sujet entre posé et flottant, il est difficile de dire 50 m ou 60 m car cela dépend de beaucoup de choses, en particulier de l'état de mer. Quand on parle de l'emprise de l'ancrage, l'important est le ratio entre la profondeur d'eau et l'état de la mer. En Méditerranée, la mer est beaucoup plus faible, nous aurons moins besoin d'avoir les contraintes d'ancrage. Une analyse technique doit donc vraiment être faite, d'où l'intérêt de ces fermes pilotes qui nous permettront un retour d'expérience pour analyser, selon les sites, la meilleure solution entre posé et flottant dans les différentes configurations. C'est bien une analyse technique, avec les paramètres du site, qui fera optimiser le type d'ancrage, le type de fondation et le type d'éoliennes que l'on installera.

### **Jean-Baptiste BOUYER**

Je suis membre de Néopolia, en charge d'une solution sur le *monitoring* des bétons. Vous me voyez venir ! Je voudrais savoir quelles sont vos exigences en tant qu'exploitant, ou en tant que puissance publique, sur le *monitoring*, comme Franck SCHOEFS le disait sur les bétons, que ce soit sur les pièces de transition ou sur les fondations. Dans certains pays, existe une obligation de *monitoring* pour une partie du parc éolien. Je voudrais savoir ce qu'il en est en France.

### **Anne-Claire BOUX**

Si vous le souhaitez, vous nous laissez votre contact et nous vous mettrons en relation avec nos experts. En plus, nous avons déjà eu les 24 heures de l'innovation de Néopolia l'année dernière, où nos experts étaient là pour répondre.

### **Frédéric RAVILLY**

C'est gentil de vous en souvenir. Une présentation sera faite de Néopolia plus tard. Matthieu est parmi nous. Félix, tu voulais compléter ?

### **Félix GORINTIN**

D'un mot, pour compléter : jusqu'à récemment, en Allemagne, il était nécessaire que 10 % des fondations soient instrumentées. Aujourd'hui ce n'est plus le cas. Mais des réglementations en Europe peuvent imposer le *monitoring*, le suivi de certaines fondations au sein du parc. Ce *monitoring* peut ensuite être étendu artificiellement, virtuellement, aux autres fondations.

### **José JOUNEAU**

Tout à l'heure, nous avons parlé de dates, de calendrier. Les premières négociations sur le banc de Guérande datent de 2007. Au comité régional, nous avons retrouvé un accord de partenariat quand nous cherchions des sites propices, qui date de 2000. Nous sommes en 2019 et on nous parle de 2021. Ce que je veux dire, c'est que l'on attend déjà depuis 2007 au moins. Ce n'est pas que l'on soit forcément pour ni contre, mais il faut que ça se passe, ou non ! On est en train de nous parler d'une technologie qui, à mon sens, est loin d'être aboutie et mûre alors que les premiers projets sont déjà en souffrance.

Quand je vois le Conseil d'État qui n'est pas capable de répondre à une demande pressante ! Qu'il réponde oui ou non d'ailleurs, nous, acteurs du milieu maritime, cela nous est un peu égal. Nous aurons beau faire toutes les réunions, prendre toutes les décisions, les générations passent, le taux d'acceptabilité est de moins en moins fort. Si les six parcs voient le jour, ils ne représenteront que 2 % de la consommation nationale. Allez dire cela à n'importe qui, 2 % ! Il en reste 98 % à approvisionner. Et là, on nous dit : « On va prendre encore de l'espace ». Comprenez que ceux que je suis censé représenter commencent à se poser des questions, sans être forcément pour ou contre. Mais ils veulent savoir si nous aurons un jour une politique pour partager l'espace, les uns comme les autres.

### **Anne-Claire BOUX**

Je vais donner la même alerte que j'ai donnée il y a quelques mois dans cette même enceinte : nous n'avons toujours pas de réponse du Conseil d'État. Si nous n'avons pas de nouvelles du Conseil d'État rapidement, nous allons devoir encore décaler les travaux d'un an, et nous ne pourrions pas respecter la

parole du Président de la République, qui a récemment dit que Saint-Nazaire serait construit d'ici la fin du quinquennat. Une alerte demeure sur le Conseil d'État et nous avons vraiment besoin d'une décision au plus vite.

### **Christophe GELLIER**

Bonjour, dans notre association UDPN44, un ami militaire m'a demandé de vous poser la question suivante : « Le Ministère de la Défense met-il à la disposition des porteurs de projet éolien en mer les plans de localisation des immersions massives d'armes chimiques qui ont eu lieu entre 1919 et 1953 ? » Cela peut avoir des conséquences, vous voyez où je veux en venir, il est inutile que je développe.

### **Frédéric RAVILLY**

Avec RTE, nous avons rapidement parlé du sujet, pour détecter d'éventuelles bombes ou engins explosifs sur la plage. Est-ce la même chose en mer ?

### **Anne-Claire BOUX**

Je ne sais pas si ce sont les porteurs de projets qui sont les plus à même de répondre à ces questions s'agissant de secret défense. En revanche, les services de l'État ayant non seulement participé mais surtout piloté les travaux de concertation qui ont eu lieu en Pays de la Loire en 2009 et 2010, il faudrait le leur demander. Je ne sais pas où ils sont, si certains sont présents. Il y a fort à parier que ces données ont été prises en considération dans la superposition des couches de données faites à cette époque-là. Décrite comme vous l'indiquez, nous n'avons pas eu l'information directe. Je pense que cela a été fait cependant.

### **Matthieu MONNIER**

Pour revenir rapidement sur ce qu'Anne-Claire a dit à l'attention de José JOUNEAU, la profession est la première désolée que cela prenne autant de temps. Effectivement, le premier appel d'offres a été attribué en 2012. En 2022 cela fera 10 ans. On peut néanmoins saluer les efforts qui ont été mis en œuvre par l'État pour améliorer le cadre et permettre que la planification d'aujourd'hui et des mois à venir permette des calendriers beaucoup plus réalistes et beaucoup plus courts sur les temps de développement. Anne GEORGELIN l'indiquait dans sa présentation, aujourd'hui en Europe, plus de 16 GW existent, ce sont plus de 4 000 éoliennes en fonctionnement en Europe du Nord. Donc cette technologie est mûre. Mais l'implantation en France prend beaucoup de temps notamment à cause des recours contentieux et du traitement de ces recours.

### **Xavier MÉTAY**

Xavier MÉTAY, France Nature Environnement Pays de la Loire. J'ai une question concernant le flottant et le posé, avec la question des impacts environnementaux des fondations sur le milieu marin. Sur le posé, on en a connaissance grâce aux deux parcs qui sont au large de chez nous. Le retour d'expérience montre l'impact que cela peut avoir sur un fond rocheux ou sableux. Pour le flottant, quid de l'impact sur les fonds marins ? Aurons-nous d'ici l'automne un premier retour d'expérience sur le Croisic Floatgen, ce qui permettra d'alimenter la réflexion sur les zones propices, pour l'avenir, au large de nos côtes ? Existe-t-il un retour d'expériences internationales sur ces questions ? Ce n'est pas du tout la même chose entre du flottant et du posé, entre du sableux, sédimentaire et du rocheux. Nous avons toutes ces interrogations. Nous avons des réponses sur le posé mais quid sur le flottant ?

### **Frédéric RAVILLY**

Peut-être juste avant de vous laisser répondre, la deuxième session de l'ARML sera dédiée aux enjeux environnementaux. Je pense que nous aurons le temps de bien approfondir ce genre de sujet mais je vous laisse répondre brièvement.

### **Yves PÉRIGNON**

Pour donner quelques éléments de réponse rapide, je parlais d'une concession du domaine public maritime. Elle est assortie d'un certain nombre d'obligations, notamment l'obligation de suivi de l'impact environnemental. En tant que service associé au service public, nous nous efforçons de la mener de la meilleure manière que l'on puisse. Cela sous-entend se tenir au courant de l'état de l'art, autant en France qu'en Europe, comme vous le mentionnez, à propos des machines de test et des parcs de tests qui ont pu être déployés. Cela fait l'objet de différents programmes de recherche, menés en concertation avec différents acteurs de recherche, français et européens. L'effort est au minimum européen si ce n'est international. L'objectif en tant qu'Etablissement public est de documenter le plus précisément et le plus complètement possible ces effets.

### **Frédéric RAVILLY**

Merci. Reste-t-il une question pour cette partie ? Encore une fois, nos intervenants sont à votre disposition, en-dehors même des sessions de l'ARML, comme cela a été proposé très justement par RTE, pour vous rencontrer le cas échéant.

### **Patrick GRIVEAU**

Vous avez parlé de systèmes de protection de la corrosion pour le projet des 2 îles. Qu'en est-il pour celui de Saint-Nazaire ?

### **Anne-Claire BOUX**

L'autorisation obtenue pour Saint-Nazaire portait sur le dispositif d'anode sacrificielle. A l'époque où nous avons développé le projet, la technique de courant imposé n'était pas encore assez mûre au point de vue technologique. À la suite de plusieurs échanges avec les associations environnementales, et aussi pour des raisons techniques, nous avons décidé de passer sur un système de courant imposé. Il reste aujourd'hui à faire évoluer les autorisations, pour mettre en place ce dispositif. Les discussions sont en cours avec les services de l'État. Je rebondis sur la présentation de Louis du PASQUIER en début de séance. On voit l'intérêt du permis-enveloppe, qui nous aurait permis peut-être à l'époque d'indiquer les deux technologies et, au dernier moment, de pouvoir choisir en fonction du dimensionnement technique du parc.

Le dimensionnement technique du parc est vraiment itératif. Les premières campagnes géotechniques sont menées et de plus en plus de sondages sont faits, pour dimensionner les fondations une par une, en fonction de leur localisation, des conditions de sol à l'endroit précis où elles sont positionnées, de la hauteur d'eau. Comme l'indiquait Lucile tout à l'heure, soit les groupes de fondations soit les fondations une par une, ont leur propre dimensionnement. Pour nous, le permis-enveloppe a un intérêt important pour intégrer les dernières évolutions technologiques dans nos projets.



## **LES ENJEUX EN TERMES DE FILIERE**

### **Frédéric RAVILLY**

Je vous propose de passer à la session suivante. Merci à tous nos intervenants que je vous propose d'applaudir pour les accompagner.

Nous allons maintenant parler des enjeux de filière. J'invite donc Hervaline GABORIEAU, de France Energies Marines, de l'Institut de transition énergétique, où elle travaille en tant que Responsable développement et valorisation, Philippe BACLET, Directeur de West Atlantic Marine Energy Community. (WeAMEC). Nous allons également solliciter Frédéric GRIZAUD des Chantiers de l'Atlantique, qui va nous parler de l'expérience des Chantiers sur la construction, notamment des sous-stations électriques, Matthieu BLANDIN, du cluster Néopolia, Vice-président du cluster EMR et responsable du développement éolien offshore du groupe Valorem. J'appelle également Franck MOUSSET, Directeur de l'aménagement de l'estuaire au Grand port maritime de Nantes-Saint-Nazaire, ainsi que Yann VACHIAS, Directeur du développement et des partenariats de l'Ecole Nationale Supérieure du Maritime. Hervaline va commencer par nous présenter les enjeux à l'échelle nationale, puis la parole sera à Philippe BACLET sur les enjeux plus régionaux. Hervaline, je te laisse la parole pour dix minutes.



## **Recherche – innovation**

### **Hervaline GABORIEAU**

Bonjour à tous. Je représente France Energies Marines, qui est l'Institut de la transition énergétique pour la filière des énergies marines renouvelables. Comme le disait Frédéric, c'est un centre de recherche national, basé à Brest avec des antennes à Nantes et bientôt à Marseille. Notre activité principale est d'accompagner la filière par des programmes de recherche et développement, plutôt transverses, sur l'ensemble des technologies et le développement des parcs pour l'éolien, mais aussi pour les autres technologies des énergies marines.

## Enjeux de la filière EMR



Etude de positionnement stratégique réalisée par MPrime sous mandat France Energies Marines (nov.2018- fév. 2019)

### > 1er volet: caractérisation des enjeux de la filière EMR

Plus de 20 entretiens réalisés en renfort de l'expertise Mprime avec un échantillon diversifié d'acteurs couvrant l'ensemble de la chaîne de valeur des EMR

#### Régions maritimes



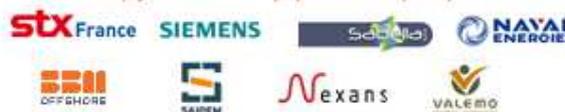
#### Etudes amont – financement



#### Développeurs / énergéticiens & grands donneurs d'ordre



#### Industriels (systémiers et équipementiers) & opérateurs en mer



2 – ARML – 21 janvier 2019

Je vais vous présenter rapidement les résultats d'une étude que nous avons menée dans le cadre de notre positionnement stratégique, qui a environ un an d'existence. Dans ce cadre, un premier volet était de bien caractériser les enjeux de la filière. Nous nous sommes basés sur des entretiens réalisés avec un cabinet conseil, sur un ensemble d'acteurs qui représentent assez bien la filière. Nous avons interviewé des Régions, des entreprises plutôt dans la partie études mais également sur le financement des projets, des développeurs de parcs, des donneurs d'ordre, des énergéticiens, et un ensemble d'industriels de la filière, fournisseurs de technologies ou opérateurs en installation de futurs parcs, et même des câblers.

## Enjeux de la filière EMR



3 – ARML – 21 janvier 2019

Ce que nous avons constaté à travers cette étude, c'est le basculement des enjeux qui accompagnent la filière. Nous travaillons beaucoup sur des enjeux en R&D, sur des enjeux de faisabilité technique sur

l'ensemble des technologies. Aujourd'hui, nous sommes passés à un enjeu d'attractivité économique. Cela signifie que nos programmes de recherche et développement vont avoir pour principal objectif aujourd'hui, non pas de trouver des solutions techniques, mais de trouver des solutions qui permettent de réduire les coûts. Cela est vrai pour les filières mûres, l'éolien posé, des filières en développement très avancé comme l'éolien flottant – sur l'éolien flottant, nous sommes déjà sur des programmes pour viser la baisse des coûts – et aussi pour l'hydrolien. Sur des filières moins matures, nous avons encore de gros enjeux de faisabilité technique à résoudre avant de travailler sur cette faisabilité économique. Mais nous y travaillons.

## Enjeux de la filière EMR



### 4 enjeux principaux



- Basculement de l'importance de traiter des enjeux techniques vers des enjeux économiques
- Priorités R&D en support à l'éolien offshore et en particulier à l'éolien flottant
- Les filières les plus matures et prioritaires offrent des opportunités de relais de croissance vers les autres EMR en devenir

4 - ARML - 21 janvier 2019

Les enjeux de la filière sont principalement au nombre de quatre. Pour les deux premiers, comment maximiser la production tout en diminuant le coût, et comment arriver à financer les projets ? Il s'agit là de l'attractivité économique, la baisse du coût au moyen de l'énergie. Il existe des enjeux autour des politiques socio-économiques, pour donner de la visibilité à la filière (nous en avons beaucoup parlé aujourd'hui) et des enjeux sur la réglementation qui sont aussi traités à travers des procédures, et l'acceptabilité. Il s'agit aussi des délais. L'objectif des projets de R&D est bien d'accompagner la filière sur tous ces enjeux, et l'on voit bien l'importance de traiter en priorité les enjeux de faisabilité économique, tout cela en support à des technologies plutôt mûres. Aujourd'hui nous assistons à un vrai basculement des programmes de R&D vers l'éolien flottant. Il y a quelques années, nous étions encore beaucoup sur l'éolien posé et sur l'hydrolien.

## Enjeux de la filière EMR

### Baisse des coûts

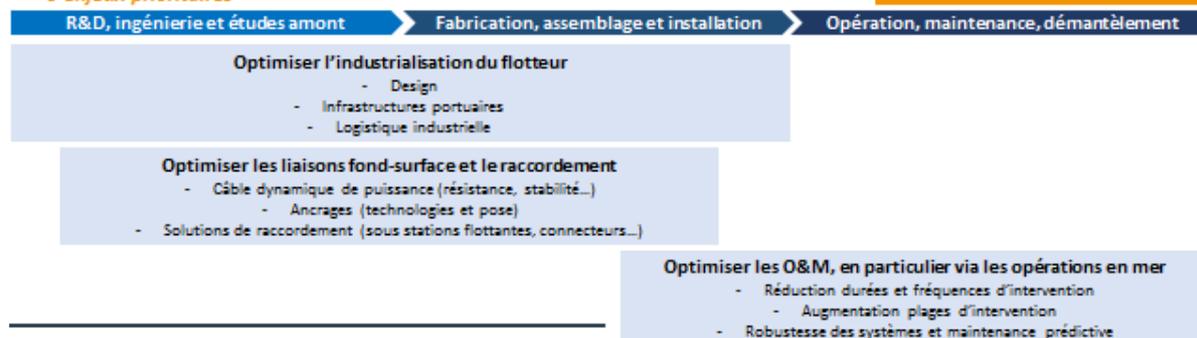


- Baisse des coûts (CAPEX & OPEX) sur l'ensemble de la chaîne de valeur
- Meilleure maîtrise des risques

#### Ex. projet R&D : Omdyn2

- Caractériser le comportement électro-mécanique des câbles dynamiques de puissance ;
- Disposer de modèles/méthodes de prédiction/suivi de durée de vie ;
- Intégrer les contraintes biofouling ;

### 3 enjeux prioritaires



5 – ARML – 21 janvier 2019

Qu'entend-on par enjeux prioritaires pour la baisse des coûts ? Il s'agit de toute la chaîne de valeur, pour mieux maîtriser les risques, et la partie financement entre aussi dans la baisse des coûts. Ce qui est ressorti dans les trois enjeux prioritaires, en premier, c'est d'optimiser l'industrialisation du flotteur. Cela touche au design, aux infrastructures portuaires, à la logistique industrielle, et je pense que nous allons y venir. Le second est l'optimisation de tout ce que l'on appelle les liaisons fond-surface, et le raccordement, c'est-à-dire le câblage, l'installation des systèmes d'ancrage. Un des points difficiles est le dimensionnement du câble dynamique qui va être fortement contraint. Sur les ancrages, la question est celle de la technologie, de la façon de le poser, des solutions de raccordement, avec des sous-stations qui vont être de plus en plus éloignées des côtes.

Comment les conçoit-on ? Un exemple de projet de R&D que nous avons lancé au sein de France Energies Marines s'appelle Omdyn2, mené avec l'Université de Nantes – dont des membres sont présents ici – et qui porte sur la caractérisation du comportement de ces câbles dynamiques de puissance, servant à évacuer la puissance de l'éolienne. L'objectif est de caractériser, par rapport à toutes les contraintes un peu nouvelles qui sont apportées par l'éolien flottant (nouvelles par rapport à ce que l'on connaît de l'industrie pétrolière), les caractériser, réaliser des modèles dans des outils informatiques et intégrer différentes contraintes, comme le développement du biofouling sur ces câbles, qui vont fortement influencer leur durée.

Le troisième enjeu concerne les opérations et la maintenance. Pour y répondre, les projets permettent de mieux connaître les états de mer pour réduire les durées et les fréquences d'intervention, augmenter les plages et disposer de systèmes plus robustes.

## Enjeux de la filière EMR



### Financement

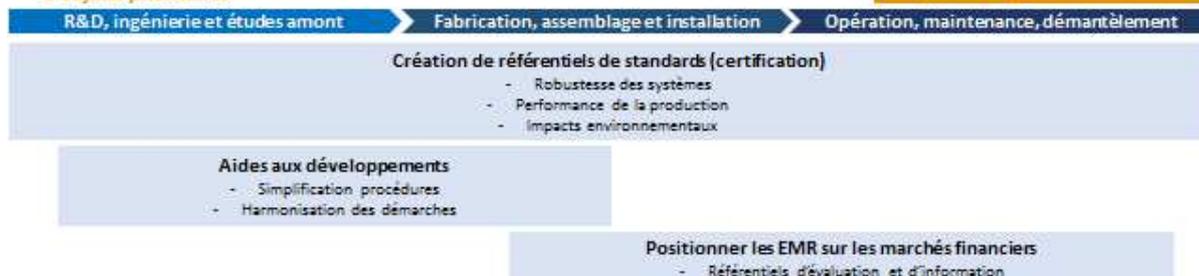


- Ingénierie financière – levier décisif
- Maîtrise des risques

#### Ex. projet R&D : Polyamoor

- Caractériser, modéliser et optimiser les lignes d'ancrage en fibre polyamide;
- Modèles de comportements;
- Mise à jour des recommandations (standards).

### 3 enjeux prioritaires



6 – ARML – 21 janvier 2019

Sur la partie financement dans la baisse des coûts, la filière a typiquement besoin d'un référentiel standard pour aider à la certification. Nous avons un manque et dans beaucoup de nos programmes, nous essayons de développer des méthodes que nous allons défendre auprès d'organismes qui permettent de valider les nouveaux standards. Là, nous sommes sur la robustesse des systèmes. Mais aussi comment évaluer la performance de la production, et tout ce qui est lié aux impacts environnementaux. Quelles méthodes peuvent être standardisées et certifiées ?

L'aide au développement concerne la simplification des procédures et l'harmonisation des démarches et sur les enjeux, comment les énergies marines sont positionnées sur les marchés financiers, avec des référentiels sur l'évaluation et l'information. En termes de projets de R&D, nous avons par exemple un projet qui s'appelle Polyamoor au sein de France Energies Marines, qui concerne les lignes d'ancrage. L'objectif est d'apporter une nouvelle méthode pour caractériser et dimensionner les lignes d'ancrage pour l'éolien flottant, lignes d'ancrage en polyamide.

## Enjeux de la filière EMR



### Politique socio-économique

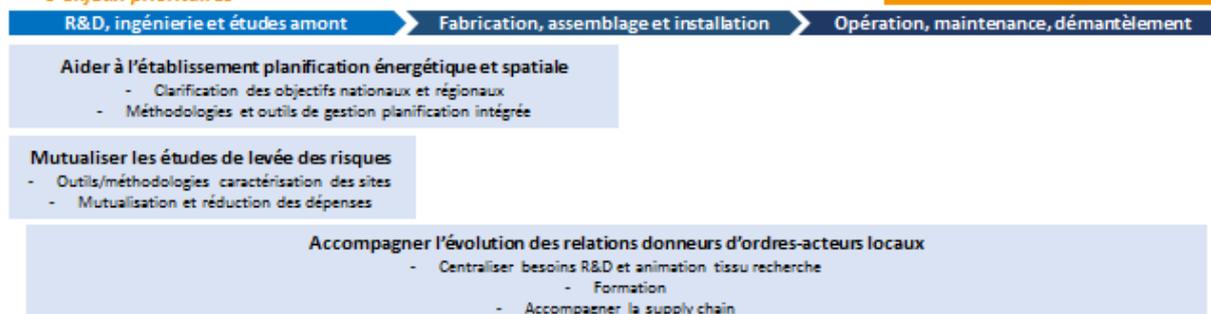


- Vision stratégique
- Capacité des acteurs français à se développer et créer des emplois

#### Ex. projet R&D : Caravele

- Améliorer la caractérisation spatio-temporelle des champs de vent pour l'éolien combinant données satellitaires et modèles ;
- Fournir des données d'entrées pertinentes au dimensionnement.

### 3 enjeux prioritaires



7 – ARML – 21 janvier 2019

Dans la partie des politiques socio-économiques, il s'agit de donner aux acteurs une vision stratégique et les moyens de mieux se développer en confiance pour ensuite créer des emplois. Les gros enjeux sont d'aider à la planification, qui est le cœur du sujet aujourd'hui. Pour cela, des objectifs sont nécessaires, mais aussi des méthodes et des outils qui accompagneront cette planification. Des développements sont possibles sur ces outils, pour intégrer l'ensemble des contraintes et prendre les meilleures décisions, ensuite mieux caractériser les sites, mutualiser les coûts des campagnes et optimiser cette caractérisation.

En termes d'enjeux, nous avons l'accompagnement des donneurs d'ordre, en centralisant les besoins de R&D, de formation et d'aide à la *supply chain* à se développer. Un exemple de projet de R&D est le projet Caravele, qui porte sur l'utilisation de données satellitaires pour mieux connaître les champs de vent et fournir, par ces données, des modèles de données d'entrées qui seront plus pertinents pour le dimensionnement futur des parcs.

## Enjeux de la filière EMR

### Réglementation et acceptabilité

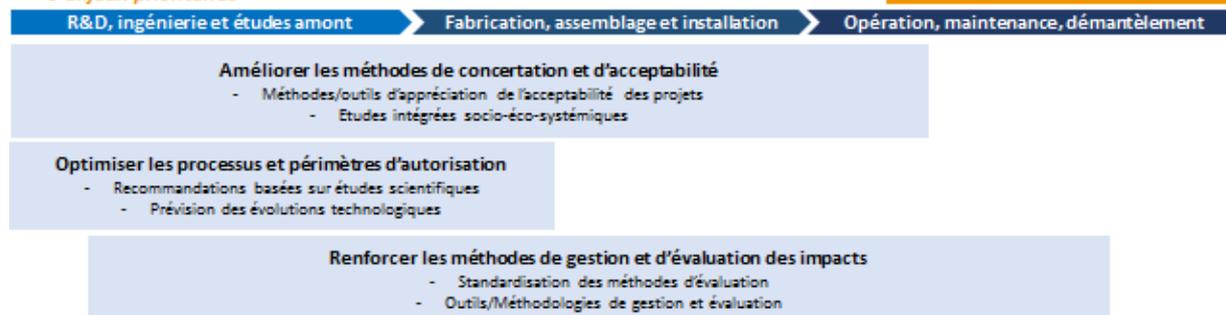


- Optimiser le cadre des développements futurs
- Intégration environnementale et socio-économique des EMR

*Ex. projet R&D : Appeal*

- Approche socio-écosystémique des impacts des parcs éoliens flottants ;
- Développer les outils numériques pour caractériser et analyser les interactions entre les acteurs et l'environnement.

### 3 enjeux prioritaires



8 - ARML - 21 janvier 2019

Sur la réglementation et l'acceptabilité, l'optimisation du cadre des développements, l'intégration environnementale des parcs, l'un des gros enjeux est d'améliorer les méthodes de concertation et d'acceptabilité. Beaucoup d'outils existent là aussi, certains sont en développement, des outils méthodologiques pour mieux apprécier l'acceptabilité des projets, en tenant compte de l'ensemble des usages et de l'impact sur l'environnement, pour disposer d'études et de moyens. L'optimisation des processus des périmètres d'autorisation, la R&D permet d'obtenir davantage de connaissances, notre objectif étant de fournir à la filière toutes les recommandations étayées par des études scientifiques et d'intégrer la prévision des évolutions technologiques.

En termes d'enjeux, le dernier point est de renforcer les méthodes de gestion et d'évaluation des impacts, de standardiser les méthodes d'évaluation par des projets qui permettent de mieux appréhender l'impact des parcs sur l'environnement ou l'impact de l'environnement sur les parcs. Un exemple de projet est le projet Appeal dont l'objectif est de développer une approche socio-écosystémique de l'impact des parcs éoliens flottants. Il serait peut-être intéressant que nous la présentions lors de la prochaine ARML. Ce projet a démarré il y a un an. L'objectif est d'avoir des outils numériques qui permettront de mieux caractériser l'ensemble des usages et d'analyser les interactions entre tous les acteurs.

### Frédéric RAVILLY

Merci beaucoup Herveline. Nous avons noté ta proposition avec Bernard. Je pense que cela peut être intéressant. Nous allons nous focaliser maintenant sur les aspects plus ligériens et je donne donc la parole à Philippe BACLET, le directeur de WeAMEC, la structure qui fédère les acteurs des énergies marines renouvelables en Pays de la Loire.

### Philippe BACLET

Merci Frédéric. WeAMEC est un peu la communauté des acteurs à la fois académiques et industriels, qui travaillent sur ces enjeux de recherche, d'innovation, de formation dans le domaine des EMR en région. Je vais commencer cet exposé par une étude très intéressante menée par l'observatoire des

EMR, et qui a compilé les chiffres de 2017. Elle montre que, même si cette filière a pris un certain retard pour l'éolien posé en France, avec 0 GW à l'eau, elle a quand même su produire déjà 2 600 emplois.



Une particularité intéressante est qu'un peu plus de la moitié de ces emplois ont été créés en Pays de la Loire. Cela s'explique essentiellement par deux grandes raisons : d'une part, un pilier industriel, d'autre part un important pôle de recherche, innovation et formation.



Les industriels se sont positionnés à l'export sur le marché domestique. Ils ont été obligés de le faire à travers de grands groupes comme GE, qui conçoit et fabrique des turbines, les Chantiers de l'Atlantique qui fabriquent de grandes sous-stations électriques et les exportent dans plusieurs pays au nord de l'Europe, et tout un tissu de TPE-PME, positionnées sur deux grands types d'activités : les premières concernent la conception : comment concevoir les machines avec des outils assez perfectionnés ? INNOSEA est dans ce cas-là, vous en avez d'autres comme CETEAL, Hydrocécian qui fait maintenant partie du groupe BV. Les secondes touchent la caractérisation de la ressource, notamment de la ressource en vent avec une PME qui s'appelle Acrocécian, ou la caractérisation des impacts avec Créocécian, Nerys, Océan Zoom. C'est tout un écosystème qui s'est constitué autour de ces activités, d'ailleurs issues pour la plupart de labos de recherche ligériens.

Le deuxième pôle important de cet écosystème WeAMEC concerne la recherche, l'innovation et la formation. Cet écosystème est constitué d'une trentaine d'établissements et laboratoires, avec 300 personnes qui représentent à peu près 70 équivalents autour en particulier de l'Ecole Centrale et de l'Université de Nantes. Ce chiffre pourrait être doublé en prenant en compte l'ensemble des personnes qui travaillent dans les bureaux d'études de nos partenaires industriels et sur des activités et des projets de recherche et d'innovation.

Sur l'innovation, certains partenaires font plus de la recherche technologique, comme le CEAtch ou l'IRT Jules Verne, et une soixantaine de partenaires industriels participent à ces projets au même titre que les partenaires académiques, dans le cadre de projets collaboratifs. Sur la période 2015–2020, nous aurons pu opérer plus de 500 projets, ce qui est énorme, pour un portefeuille de projets de plus de 100 millions d'euros. Indépendamment de toutes les retombées que cela peut avoir ensuite dans le tissu industriel, il existe une véritable économie de la recherche et de l'innovation en Pays de la Loire.

Tout cela s'appuie sur des moyens d'essais de renommée internationale. Nous prendrons quelques exemples et vous avez déjà eu la présentation d'une des figures de proue qui est le SEM-REV. Cette initiative est fortement soutenue par les collectivités locales, la Région des Pays de la Loire, Nantes Métropole ou la Carène, l'agglomération de Saint-Nazaire.



Une autre particularité de l'écosystème de la recherche et de l'innovation en Pays de la Loire est qu'il couvre la globalité du processus de recherche, depuis la conception, la modélisation physique et la modélisation numérique, pour faire émerger de nouveaux concepts que sont l'hydrodynamique, l'aérodynamique, en géotechnique, en génie électrique. Il a la capacité de tester sur des échelles réduites et sur des maquettes, l'ensemble de ces concepts, sans aller en mer dans un premier temps, car cela coûte très cher (aller en mer nécessite une dizaine de millions d'euros, et quelque centaines de milliers d'euros à l'échelle réduite) ; sur les bancs de houle de l'Ecole Centrale, sur les souffleries du CSTB, sur les études de géotechnique avec la centrifugeuse de l'IFSTTAR, sur le banc de test électrique de 800 kW du CEAtch. Nous avons cette capacité à tester à échelle réduite, mais significative, beaucoup de technologies. Nous avons cette capacité aussi d'aller en mer et de tester et confronter les technologies à l'environnement marin, ce qui est indispensable.

## WeAMEC : Feuille de route Recherche

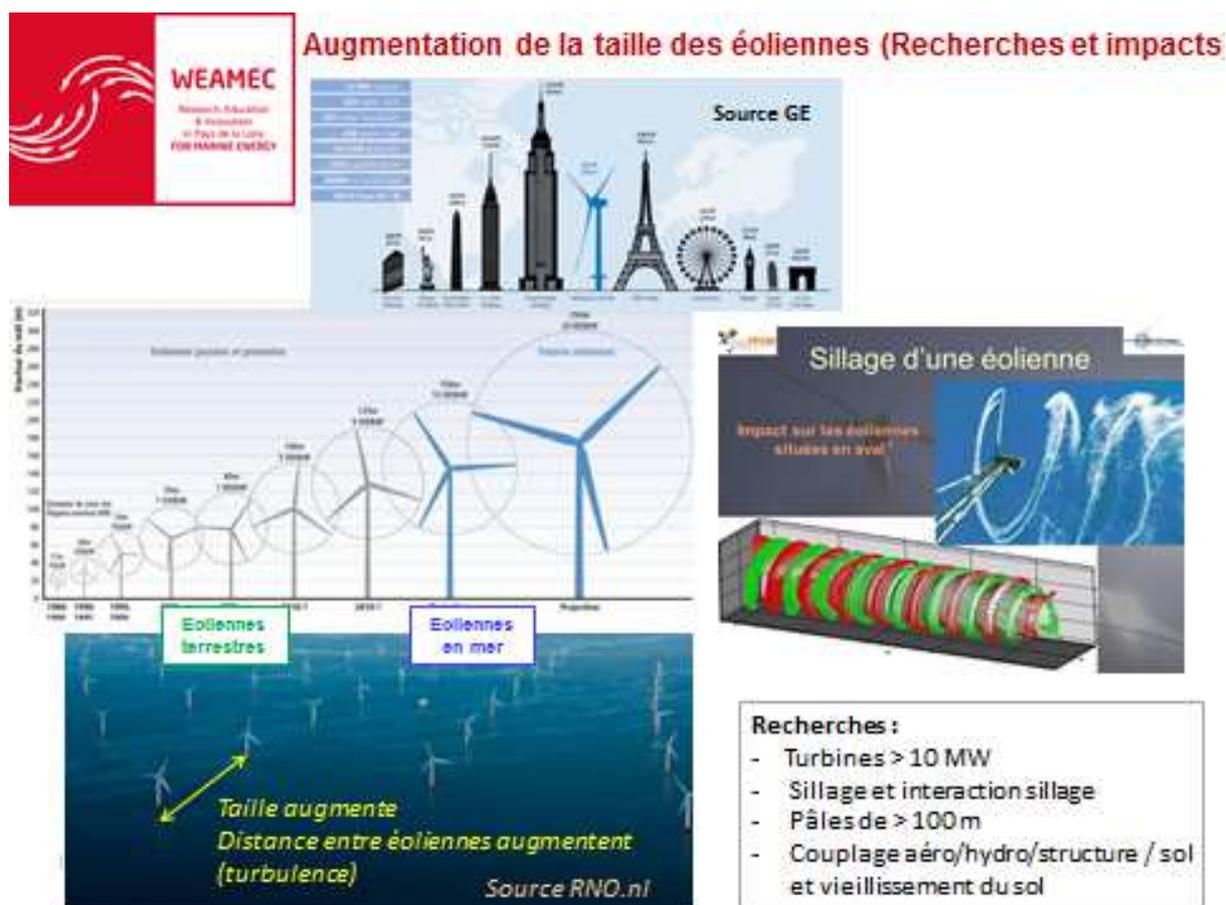
L'écosystème des Pays de la Loire a un positionnement sur le cycle complet des EMR (conception, fabrication, exploitation, démantèlement).

– Réduire coût de l'énergie (E/MWh produit) ou LCOE :

- de l'éolien posé, par augmentation puissance et taille des éoliennes, et en particulier en conditions extrêmes et complexes (sols durs, houle de forte amplitude,...),



WeAMEC s'est doté d'une feuille de route de recherche co-construite avec ses partenaires académiques et industriels. Cela a été dit à plusieurs reprises : même si la technologie est mûre pour l'éolien en mer, nous devons continuer à progresser pour réduire encore les coûts. C'est encore possible, et l'un des premiers axes est de réduire encore ces coûts sur l'éolien posé, notamment par l'augmentation de la puissance et de la taille des éoliennes. Nous sommes aujourd'hui sur des éoliennes excessivement grandes, ce qui nécessite une logistique spécifique portuaire et maritime, nous ne pourrions pas le faire par la route. Cela explique que les éoliennes terrestres plafonnent à une certaine taille, alors qu'aujourd'hui, nous sommes sur des tailles beaucoup plus importantes pour les éoliennes maritimes



Par exemple, la nouvelle éolienne de GE va avoir des pales de 107 m de long et une hauteur de 250 m. On atteint presque la hauteur de la tour Eiffel. Ces éoliennes vont créer des perturbations en aval de la pale, ce que l'on appelle la turbulence ou l'effet de sillage et elle pourrait induire une baisse de production sur l'éolienne placée derrière. Pour éviter cela, avec la taille des éoliennes augmentant, l'espacement va aussi augmenter. Un des corollaires est que nous aurons de plus en plus de place entre les éoliennes, liée à cette augmentation de taille.

Les recherches doivent être menées sur du génie électrique, pour des turbines supérieures à 10 MW qui nécessitent des compétences tout à fait spécifiques sur le sillage aérodynamique, pour voir comment positionner les éoliennes les unes par rapport aux autres. Les enjeux de fabrication de pales de 100 m, qui résistent à des événements et à des vents importants, sont des enjeux de fabrication et de matériaux composites, et de couplage aéro-hydro/structure au sol qui deviennent de plus en plus importants quand la taille des objets augmente.

## WeAMEC : Feuille de route Recherche

L'écosystème des Pays de la Loire a un positionnement sur le cycle complet des EMR (conception, fabrication, exploitation, démantèlement).

– Réduire coût de l'énergie (E/MWh produit) ou LCOE :

- de l'éolien posé, par augmentation puissance et taille des éoliennes, et en particulier en conditions extrêmes et complexes (sols durs, houle de forte amplitude,...),
- des éoliennes flottantes (dont KITE, dont système flottant autonomes en haute mer,...) et sous-stations flottantes,

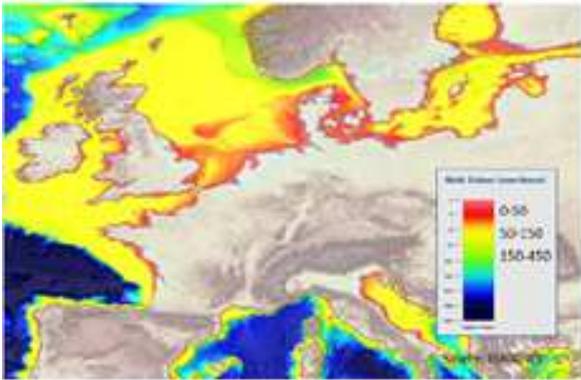


Le deuxième point est qu'il faut aussi passer aux éoliennes flottantes. Pourquoi faut-il passer aux éoliennes flottantes ? Je vous présente deux graphiques.



**WEAMEC**  
Research, Education & Innovation  
in Pays de la Loire  
FOR RENEWABLE ENERGY

## L'Éolien flottant : une ressource de qualité en grande quantité



De vastes étendues avec des profondeurs > 50m,...

Les gisements EMR les plus importants et de grande qualité



Access to a better  
wind resource

Wind  
ENERGY

..., avec des vitesses moyennes de vent de 10 à 15m/s

Corollaires :  
Plus loin des côtes  
Moins de conflits d'usage pour les zones



PLANTGEN / Source : Centrale Nantes











Nous avons vu tout à l'heure une zone de transition entre l'éolien posé, à des profondeurs inférieures à 50 m, et l'éolien flottant, au-delà de 50 m. Vous voyez les zones de profondeur en Europe du Nord, en rouge, inférieures à 50 m, et les fonds en jaune, supérieurs à 50 m. On voit que l'éolien flottant ouvre de manière très importante le gisement potentiel. Plus on s'éloigne des côtes, plus le gisement est à la fois plus important et le vent plus régulier et de grande qualité. Nous irons donc plus loin des côtes avec l'éolien flottant, avec donc moins de conflits d'usage que pour les zones proches et qui peuvent avoir plus de contraintes.

Cette technologie est particulièrement étudiée en région puisque le prototype Floatgen est la première éolienne offshore en France, c'est une éolienne flottante et elle est sur nos côtes et sur le site du SEM-REV.

## WeAMEC : Feuille de route Recherche

L'écosystème des Pays de la Loire a un positionnement sur le cycle complet des EMR (conception, fabrication, exploitation, démantèlement).

– Réduire coût de l'énergie (€/MWh produit) ou LCOE :

- de l'éolien posé, par augmentation puissance et taille des éoliennes, et en particulier en conditions extrêmes et complexes (sols durs, houle de forte amplitude,...),
- des éoliennes flottantes (dont KITE, dont système flottant autonomes en haute mer,...) et sous-stations flottantes.

– Faire progresser l'énergie houlomotrice par des concepts en rupture, et par couplage à d'autres sources d'énergie, pour des applications d'autonomie énergétique en mer, ou d'alimentation de sites non raccordés au réseau.



Nous travaillons également sur l'énergie houlomotrice. Cette énergie n'a pas encore la compétitivité, et n'a pas encore réalisé les progrès suffisants pour que nous puissions injecter de l'électricité à des coûts faibles, de l'ordre de 50 € le mégawatt/heure. Par contre, elle a la capacité de produire de l'électricité pour l'autonomie en mer. Là, nous n'allons plus nous comparer au prix de l'électricité injectée sur le réseau, mais au prix de l'électricité produite par un groupe électrogène alimenté par du diesel en mer qui atteint les 500 € le mégawatt/heure, soit 10 fois plus. Nous avons donc des créneaux pour ce type de technologie, notamment en couplage à des travaux en mer ou à l'aquaculture. Nous avons un partenaire en région qui s'appelle GEPS technologie. Il a lancé son prototype de 250 kW inauguré sur le port de Saint-Nazaire en décembre, qui sera lui aussi testé en même temps que Floatgen sur le site du SEM-REV.



## WeAMEC : Feuille de route Recherche



Pour tous ces systèmes, nous devons développer des briques technologiques qui leur sont communes. Un certain nombre ont déjà été abordées donc je vais aller très vite : les câbles, les raccordements électriques, le stockage de l'énergie, éventuellement aussi le couplage à l'hydrogène (en s'éloignant des côtes, les câbles seront de plus en plus chers, donc le vecteur hydrogène peut devenir intéressant par rapport aux vecteurs électriques), les ancres, les fondations, les sols, les matériaux en environnement sévère, que ce soient les matériaux composites, métalliques ou les bétons, car ils ne vieillissent pas de la même manière en environnement marin (et cette problématique est importante), la bio-colonisation qui peut faire couler un câble d'ancrage, la capacité de surveiller à distance les éoliennes, de manière à intervenir le plus près possible, ou en planifiant au mieux sa maintenance (car intervenir en mer est beaucoup plus compliqué qu'à terre, donc la prévision de la maintenance est très importante), les ressources, les impacts, les navires, la maintenance, la logistique et la modélisation qui peut être prise en compte et qui l'est déjà beaucoup en région, dans un certain nombre d'ingénieries.



**WEAMEC**  
Research, Education & Innovation  
in Pays de la Loire  
FOR MARINE ENERGY

## Redenv-EOL

Centrifugeuse permettant d'étudier les grandes structures mécaniques et les très grandes forces appliquées à échelle réduite,










Réduction de l'emprise latérale des lignes d'ancrages des éoliennes flottantes par l'étude d'ancres innovantes (reprise de force verticale).

PAGE 22










Je vais vous présenter deux zooms, dont le premier sur les ancres avec l'exemple de la centrifugeuse de l'IFSTTAR. Pour être très simple, c'est une grosse machine mécanique qui permet d'étudier de grandes structures, avec de très grandes forces appliquées, à échelle réduite. Nous pouvons alors étudier des ancres innovantes, pour réduire les emprises. Nous développons notamment de nouvelles géométries et de nouveaux matériaux d'ancrages qui permettront de réduire cette emprise pour les générations futures d'éoliennes flottantes.



**WEAMEC**  
Research, Education & Innovation  
in Pays de la Loire  
FOR MARINE ENERGY

## Ec(h)oSonde

**Objectifs du projet :**

Surveillance acoustique de l'impact des EMR sur les écosystèmes pélagiques.  
Ensemble de données uniques avant la construction du champ d'éoliennes en mer de Saint-Nazaire.  
*Prise en compte retour d'expérience mer du Nord*



**IFREMER**



**CENTRALE NANTES**



**SIMRAD**



Real Time remote operation and data transfer

Data analysis

Acoustic monitoring

EMR (Crowling) infrastructure

**Challenges scientifiques et techniques:**

Sondeur à large bande innovant pour une meilleure caractérisation des cibles pélagiques.  
Échantillonnage continu des écosystèmes pélagiques côtiers. Développement de méthodes de traitement de gros flux de données en temps réel

PAGE 22










Le deuxième point important concerne les études environnementales. Nous avons un projet qui permet d'acquérir de la donnée, non plus par échantillonnage et en envoyant un bateau, mais par une sonde de fond de mer, positionnée en permanence, qui va acquérir de la donnée en continu. Elle a le double avantage de ne pas rater un certain nombre d'évolutions saisonnières. En effet ces sondes, qui suivent aussi bien le plancton que les poissons et les gros mammifères, vont avoir l'historique en continu de l'évolution du milieu, et une meilleure compréhension de cette évolution et donc de l'impact des machines qui seront ensuite implantées sur les sites. Ce type de technologie permet aussi de réduire les temps d'acquisition des données environnementales.



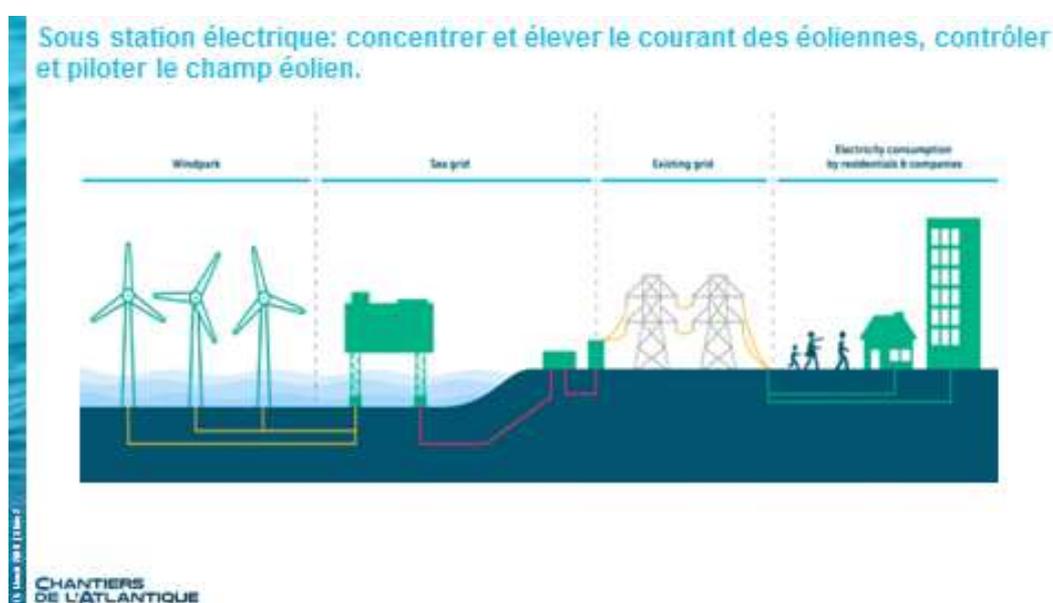
## Production – maintenance industrielle

### Frédéric RAVILLY

Merci beaucoup, Philippe, pour cette présentation toujours très claire et très documentée. Nous allons passer maintenant à la partie plutôt production et maintenance industrielle et je vais demander à Frédéric GRIZAUD, des Chantiers de l'Atlantique, de nous présenter son retour d'expérience sur les sous-stations électriques produites par les Chantiers.

### Frédéric GRIZAUD

Bonjour. Frédéric m'a demandé de présenter un aspect plutôt transport, logistique et installation, un aspect assez peu connu de nous puisqu'il est encore loin. Je partage l'impatience qui a été exprimée sur le temps d'attente pour l'éolien en mer. Je vais donc vous emmener là où il y a de l'action et où les équipes des Chantiers de l'Atlantique étaient en mer pour l'installation de quelques stations. Nous allons parler au présent et non pas au futur avec ces deux projets.



Je rappelle simplement qu'une sous-station sert à concentrer le courant des éoliennes, à élever la tension et à contrôler et piloter le champ éolien. C'est aussi le centre névralgique du champ.



Dim: h= 20m / l = 30m / w = 17m  
 Topside : 1160t  
 Fondation: 2200 t

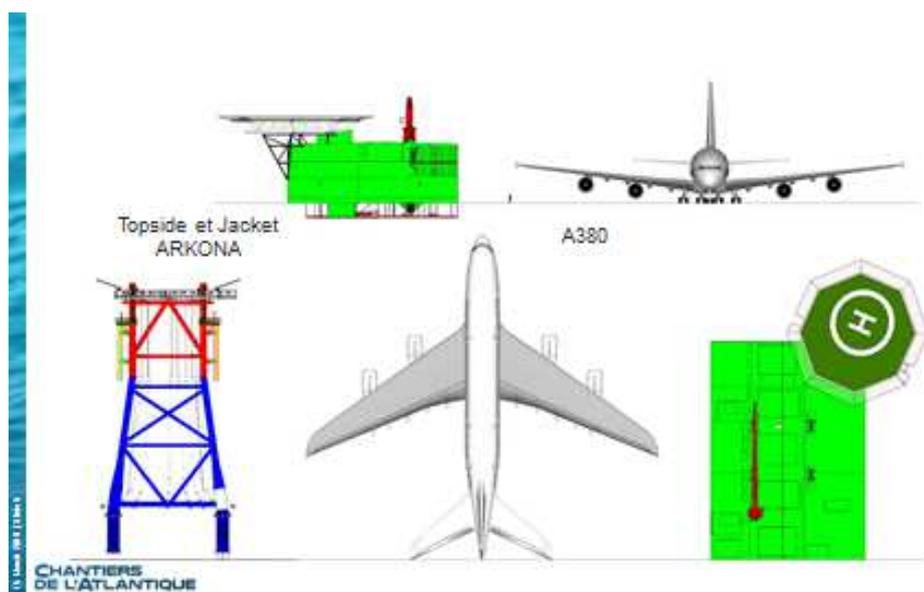
Nous avons travaillé sur deux sous-stations en 2018, une pour le champ éolien belge de RENTEL, situé au large des côtes d'Ostende. En termes d'occupation maritime, les petits carrés plus clairs représentent 2,5 GW d'éolien offshore. La Belgique a 4 GW d'ambition d'éolien maritime sur 66 km de trait de côte, la moitié du littoral de la Loire-Atlantique, pour situer les enjeux. Cette sous-station a été installée en février 2018, le colis pèse 1 160 t pour le *topside* et 2 200 t pour sa fondation, avec des dimensions de 20x30x17.



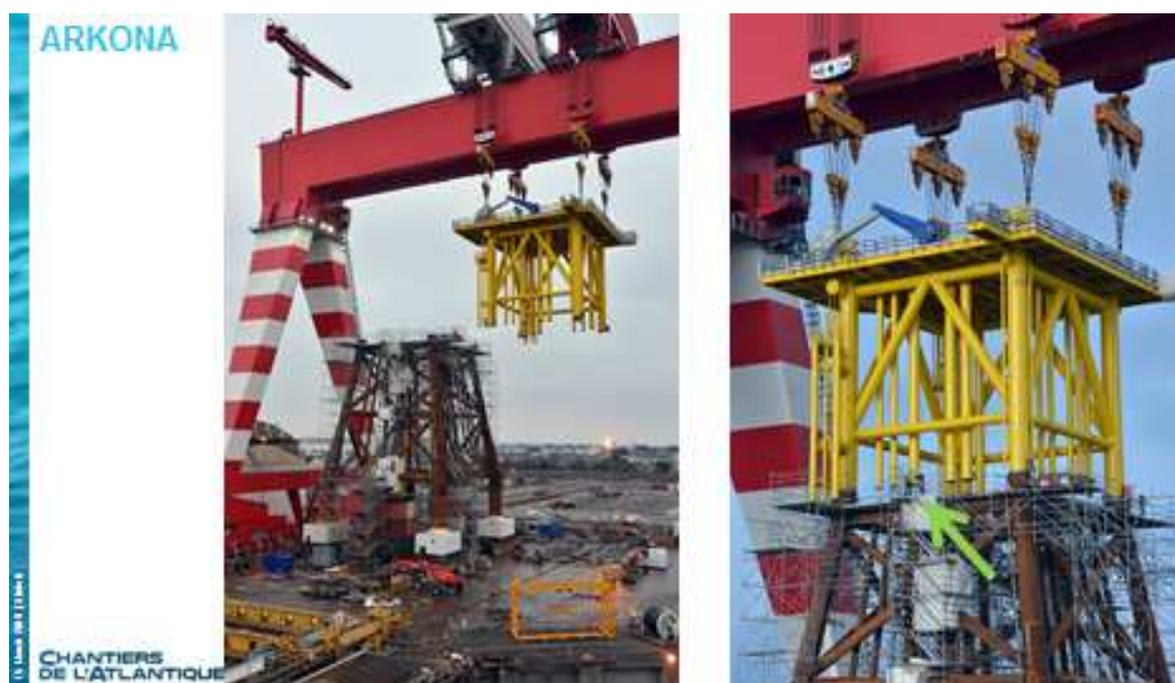
TOPSIDE  
 Dimensions: 15 m x 35 m x 50 m  
 Poids: 4 000 tonnes

FONDATION  
 Jacket 1200 tonnes

Le deuxième projet, encore plus gros, en mer Baltique, pour le champ d'ARKONA pour EON, un champ de 380 MW avec une sous-station dont le *topside* pèse 4000 t, le plus gros colis de sous-station en courant alternatif posé à ce jour, un colis de 15 m par 35 m par 50, posé sur une fondation jacket de 1200 t. Voilà qui pose les masses et les dimensions !



Nous aimons bien nous comparer aux très grands objets à Saint-Nazaire, et en particulier à nos amis d'Airbus que j'ai vu dans la salle. Un A380 est une très grosse machine, vous voyez, à l'échelle, la sous-station d'ARKONA et sa fondation jacket, nous parlons donc de très, très gros objets.



A propos de l'assemblage du jacket à Saint-Nazaire, ceux qui connaissent le site voient un peu la taille du grand portique. 53 m de haut pour ce jacket. Vous verrez, sur un certain nombre de mes photos, la petite flèche verte qui indique les hommes qui donneront l'échelle de ce que vous voyez à l'écran. Vous voyez deux personnes sur un échafaudage en phase d'assemblage du jacket.

## BLOCS RENTEL / ARKONA



CHANTIERS  
DE L'ATLANTIQUE

Les blocs de ces sous-stations ont été fabriqués dans nos ateliers, dans lesquels nous avons investi 20 millions d'euros, il y a maintenant trois ans. Sur la gauche de l'écran, vous voyez deux blocs de la sous-station d'ARKONA et, à droite de l'écran, la sous-station de RENTEL, prête à être peinte. Cela vous donne aussi l'échelle quand on connaît le site de Saint-Nazaire.

## RENTEL - CHARGEMENT SUR BARGE Quai de la Prise d'Eau



Ces colis ont été chargés au quai de la Prise d'eau. Je remercie d'ailleurs le grand port de Nantes–Saint-Nazaire d'avoir fait des travaux pour renforcer le quai de la Prise d'eau. Les travaux étaient finis depuis quinze jours quand nous avons utilisé le quai de la Prise d'eau et chargé cette sous-station. Ces travaux étaient nécessaires et l'investissement a été tout de suite utilisé.

## RENTEL - DEPART SAINT-NAZAIRE



CHANTIERS  
DE L'ATLANTIQUE

Cette sous-station a ensuite quitté Saint-Nazaire en janvier. Vous voyez la mobilisation des remorqueurs du port pour aller ensuite sur le champ de Belgique.

## Transfert, chargement et départ – Quai de la Prise d'Eau



Juste après, nous avons embarqué cet énorme jacket pour le champ d'ARKONA. Vous voyez, au bout de la flèche, quelques hommes qui marchent devant cet énorme colis, embarqué au quai de la Prise d'eau par roulage sur une barge et sorti. Vous voyez encore à l'échelle de Floatgen, le jacket est plus grand que l'éolienne posée Floatgen et à peu près de la même taille que le paquebot en construction juste derrière. Enfin, l'image à droite vous donne l'échelle de cet énorme colis par rapport aux maisons. C'est un seul jacket. Pensez que sur des champs à jacket, il faut aller en poser soixante qui font à peu près cette taille. Ils sont un tout petit peu plus légers, peut-être un peu moins imposants mais nous

allons devoir en faire soixante. L'éolien en mer est donc un gros sujet de logistique lourde et volumineuse.

## ARKONA - Départ du Topside



Le topside quittant Saint-Nazaire, vous le voyez dans le bassin de Penhoët.

## Fondation RENTEL

- Monopile:
  - 1150 tonnes
  - Longueur: 80m
  - Diamètre 8m
  - Epaisseur: 80mm
  - Production SIF - Rotterdam



CHANTIERS  
DE L'ATLANTIQUE

Un petit retour sur la fondation de RENTEL qui, pendant ce temps, était fabriquée en Hollande. Ils sont les spécialistes des grands tubes en acier. Une monopile d'à peu près la même taille que celle qui sera implantée sous les éoliennes du champ de Saint-Nazaire, de longueur 80 m, diamètre 8 m, épaisseur 80 mm, avec les deux personnes au pied de cet énorme tube que nous avons ensuite enfoncé au fond de la mer, à l'aide d'un navire que je vais vous montrer juste après.

Cela donne l'échelle d'une monopile, et je rappelle qu'il en faut entre soixante et quatre-vingts pour un champ qui sera posé sur des monopiles. Je pense que la vidéo qu'Anne-Claire a montrée tout à l'heure montre bien tout le travail autour de la pose de cette fondation.



Nous avons aussi transporté une pièce de transition, un seul exemplaire pour une sous-station et il y en aura entre soixante et quatre-vingts sur les champs qui seront construits en France.



On passe ensuite sur la phase de travaux offshore, qui est beaucoup plus loin de nous puisqu'elle était en mer du Nord et en mer Baltique. Vous voyez le navire d'installation qui a permis de poser la fondation, un navire de l'armement DEME qui s'appelle l'*Innovation*, un bateau de 147 m de long par 42 m de large, qui monte sur ses quatre pieds à environ 40 m au-dessus de la surface de l'eau, et qui nous a permis de poser cette fondation.

## Mobilisation des ports-bases Février – Avril 2018



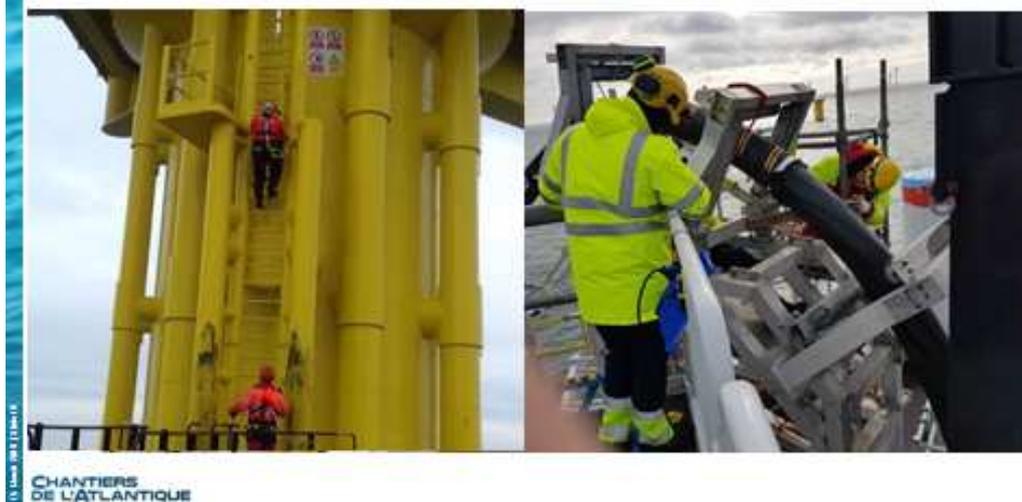
Projetons-nous aussi un peu dans le futur, peut-être que la Turballe, Port-Joinville ressembleront à cela dans quelques années du moins espérons-le. Le port d'Ostende, port-base du champ de RENTEL, d'où vous voyez un alignement d'éoliennes, de mâts. J'ai compté sept ou huit navires en opération sur le champ à cette époque. L'alignement des pales pour le champ d'ARKONA, des pales qui ne mesuraient que 70 m de long. Celle de la grande Héliade fera plus de 100 m de long, et trois navires de support, de maintenance, à quai à Sassnitz. Cinq d'entre eux au moins étaient en opération pour les deux champs au large de Sassnitz. Quand on parle d'activité portuaire, on parle vraiment de renouveau de l'activité portuaire autour de l'éolien offshore et j'espère que nous verrons dans nos départements une telle activité très bientôt.

## RENTEL –INSTALLATION TOPSIDE - février 2018



L'installation du *topside* de RENTEL en février 2018 à l'aide d'un navire-barge. La capacité de la grue est de 2500 t. Cela paraît facile vu ainsi, de lever un colis de 1200 t et de le poser avec quatre pieds sur quatre attentes, mais cela reste encore un exploit très bien maîtrisé par nos amis belges.

### Travaux en mer - Raccordement des câbles sous-marins sur la sous-station



Ensuite, nous sommes allés raccorder. Vous voyez des gens qui grimpent sur la sous-station à partir du bateau de travail, des gens formés pour cela – car des formations particulières sont nécessaires. Ensuite, ils installent le câble. Je crois que c'est le câble intra-aérien, ce n'est pas le gros diamètre de câble qui vous a été montré tout à l'heure, ce n'est pas le câble export, c'est le câble qui relie les éoliennes à la sous-station, dont le rayon de courbure minimum est de 2,50 m à 3 m. Ce sont donc là aussi des travaux très lourds avec des équipes formées pour cela.

### ARKONA – Transport & Installation Jacket – Avril 2018



Enfin, en mer Baltique au mois d'avril, nous avons installé la sous-station d'ARKONA dont vous voyez le *jacket*. Vous vous souvenez de sa taille dans le port de Saint-Nazaire. Vous voyez par rapport à la grue capable de lever 5 000 t. Il paraît tout petit ! Mais le bateau fait 183 m de long par 47 m de large. C'est un des plus gros navires-grues en opération dans le monde, il y en a trois ainsi et deux autres sont en construction en ce moment. Après avoir posé le *jacket* au fond de l'eau – ce qui paraît facile à dire ainsi mais qui demande des mois de préparation – nous avons posé le *topside* en avril 2018, et les opérations étaient finies. Le raccordement est intervenu ensuite pour l'ensemble du champ.

### Des projets XXL, exportés en Europe, fabriqués en Pays de la Loire...



En guise de conclusion, je vais revenir sur les grands enjeux. Nous avons fabriqué des projets de très grande taille, exportés en Europe et fabriqués en Pays de la Loire. Pour un pays qui n'a pas éolien en mer aujourd'hui, cela représente déjà un pari que nous avons gagné. Ce pari implique tous les acteurs du monde maritime et portuaire local. J'ai remercié le port mais je pourrais remercier aussi tous les acteurs qui ont travaillé sur ces projets. Nous avons été jusqu'à 400 personnes à travailler sur ces deux projets en 2017. Aujourd'hui, nous ne sommes plus que 40. C'est dommage, Monsieur du PASQUIER est parti, j'avais quelques messages sur l'impact industriel des *stop-and-go*, qui est terrible, puisqu'il oblige à démobiliser et à remobiliser les équipes. Cela a un coût énorme et impacte la compétitivité de la filière.

Pour pérenniser ces emplois, revenir aux 400 emplois sur le site de Saint-Nazaire, deux conditions sont nécessaires. D'abord il faut faire exister les projets des appels d'offre 1 et 2. Cela a été dit mais je le redis : ces projets doivent sortir du Conseil d'État, et vite. Si aucune décision n'est prise avant cet été, nous allons encore perdre un an, car l'été est la saison d'installation. Ensuite, il faut donner de la visibilité et de la régularité. Ce que je pense être un manque d'ambition de la PPE en matière d'éolien en mer met en question la pérennité de tous ces emplois. On ne peut pas être compétitif sur un *business* dans lequel son propre pays n'a pas d'ambition à la hauteur de sa façade maritime.

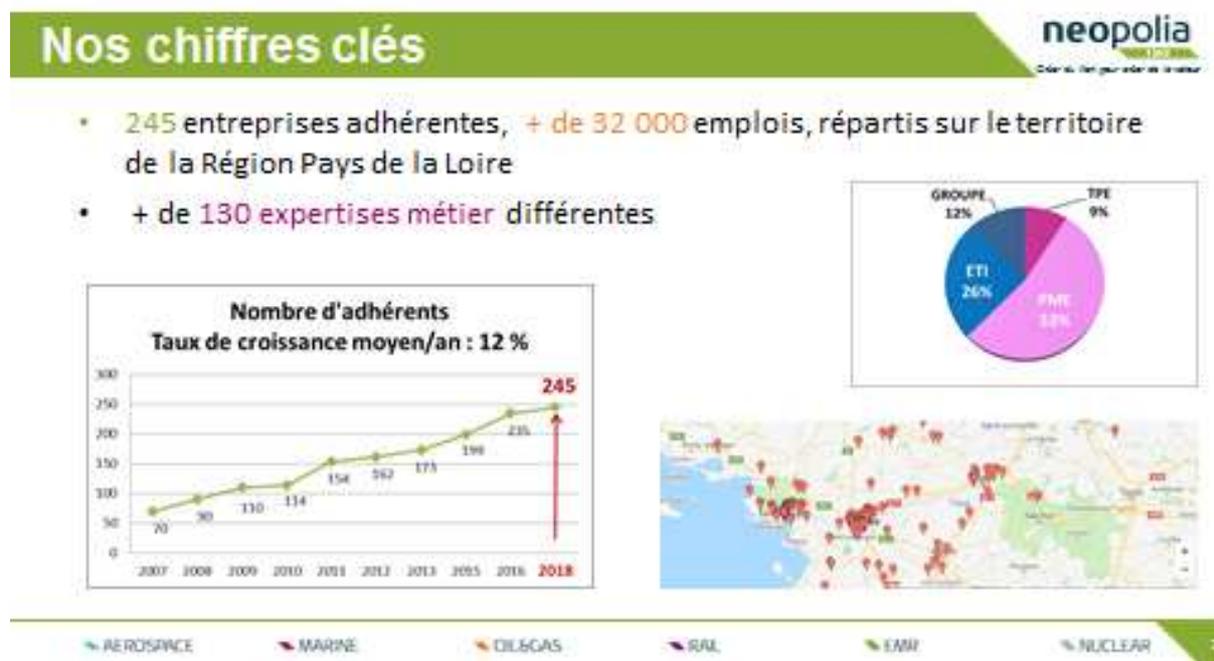
Il sera donc difficile d'exister si nous n'avons pas les volumes et la régularité dans un projet de PPE que nous espérons voir plus ambitieux. Voilà qui conclut mon intervention sur la filière et l'expérience que nous en avons. Nous sommes allés voir ailleurs, impatients que nous étions de ne rien voir se passer en France. Nous sommes allés voir ailleurs et il s'y passe des choses extraordinaires.

### Frédéric RAVILLY

Merci beaucoup pour ces photos et cette vision des choses, très claire. Les messages ont bien été notés et les actes seront diffusés. Nous aurons l'occasion de faire passer à nouveau le message à Monsieur du PASQUIER. Nous avons parlé des chantiers de l'Atlantique. Assez naturellement, nous allons maintenant en venir aux sous-traitants, en particulier grâce à Néopolia. Matthieu BLANDIN pilote aujourd'hui le *cluster* EMR de Néopolia. Matthieu, je te laisse la parole pour dix minutes.

## Matthieu BLANDIN

Je vois que la salle commence à s'éclaircir donc je vais essayer de faire un peu moins de dix minutes. Néopolia est un *cluster* d'entreprises, une association qui regroupe des *clusters* et cale son activité sur l'écosystème économique des Pays de la Loire.



Nous rassemblons environ 245 entreprises, qui représentent 32 000 emplois et qui vont s'adresser à de grands industriels, comme Airbus, les Chantiers de l'Atlantique sur la partie marine, comme GE et bien d'autres. Nous sommes répartis sur l'ensemble du territoire régional, nous sommes donc en quelque sorte un outil, même si nous sommes une association dirigée par des professionnels et des chefs d'entreprise. Nous sommes un outil au service du développement économique régional, avec une forte croissance de nos adhérents. Pour une grosse moitié, nous représentons des PME puis des ETI. Nous sommes donc à la fin de la chaîne de valeur.



Du point de vue de la gouvernance, le Conseil d'administration rassemble vingt-deux chefs d'entreprise. Nous nous voyons environ tous les quinze jours, avec une organisation adaptée. Nous avons maintenant plutôt un bureau des *clusters*, qui regroupe son Directeur général, le Président et chaque vice-président. Les entreprises adhèrent à l'association, choisissent le(s) *cluster(s)* qui les intéressent, selon leur domaine d'activité. Par *cluster*, elles élisent un comité de pilotage, composé d'une dizaine de membres, et ce comité de pilotage élit un pilote qui, de par les statuts, devient un des vice-présidents de l'association.

## Le cluster EMR

### BILAN 2017-2018

- **Business**
  - 27 projets identifiés / 16 remises d'offre / 2 gagnées
  - 3,6 M€ de Chiffre d'Affaires
  - Maturation des 5 solutions & outils marketing
- **Animation**
  - 100 entreprises
  - Salons : OEE 2017, FOWT 2018, Seanergy 2018
  - 24ID MRE





➤ AEROSPACE
➤ MARINE
➤ OIL&GAS
➤ RAIL
➤ EMR
➤ NUCLEAR

Notre association est orientée business, dans le sens que nous ne sommes pas un organe de lobbying pour faire pression sur les lois ou les réglementations. Pour cela, d'autres existent comme le SER ou la FEE avec qui nous travaillons étroitement. Nous, nous sommes vraiment dédiés au développement économique sur le territoire. Ce sur quoi nous sommes évalués quant à notre utilité, c'est d'aller chercher des affaires et, spécifiquement, sur les énergies marines renouvelables. Notre difficulté est que nous sommes tout à fait en aval de la chaîne de valeur.

Nous avons entendu au début de l'ARML les entreprises en amont. D'abord les consortiums, EMYN, EDF-renouvelable, qui vont dimensionner très tôt les projets, obtenir les autorisations aussi vite qu'ils le peuvent. Passent ensuite les périodes d'instruction et de recours. Elles font ensuite appel au rang 1. Ce sont davantage à ces rangs 1 que nous allons nous adresser, par exemple les Chantiers de l'Atlantique pour les sous-stations, GE pour les éoliennes etc. Notre difficulté est que nous voyons le marché assez tardivement, et d'autant plus tard que la filière tarde à sortir.

Néanmoins, un peu comme STX, au regard du peu d'installations que nous avons en mer, nous arrivons quand même à sortir notre épingle du jeu et nous commençons à avoir presque une trentaine de projets identifiés. Des offres ont été remises et nous avons un peu plus de 3,6 M€ de chiffre d'affaires.



Pour aborder ces marchés, nous avons créé des « solutions » et des outils de marketing. L'idée n'est plus d'arriver vers un rang 1 et de lui dire : « Regardez notre association, nous avons une centaine d'adhérents, nous pouvons faire tout cela », mais de regrouper ces savoir-faire derrière un produit que nous allons vous présenter.

La caractéristique de Néopolia, que je n'ai pas évoquée, est de faire à plusieurs ce que les entreprises ne sauraient pas faire seules. Soit elles ne pourraient pas toutes seules parce que le cahier des charges va demander une diversité de compétences que les entreprises n'ont pas seules, soit il peut être demandé des garanties d'une maison-mère, une structure financière, une assise plus conséquente pour porter des offres. Nous avons également une activité de représentation des entreprises sur les colloques et salons, à la fois en France et à l'international.

## Support au développement de projet



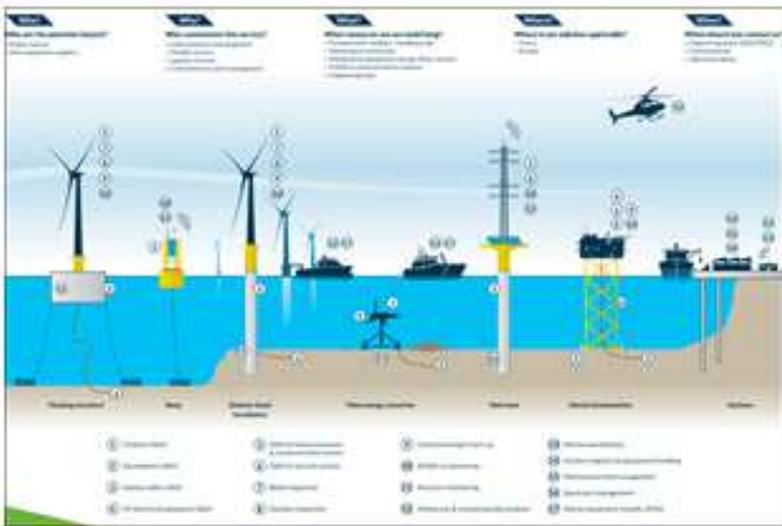


AEROSPACE
MARINE
OLÉOGAS
RUL
EMF
NUCLEAR

Nous proposons cinq solutions sur lesquelles nous travaillons, qui vont arriver en aval du projet. Notre première solution est le support au développement de projet. Cela peut être d'apporter les compétences



## La solution Opération & Maintenance



The diagram illustrates the operational and maintenance (O&M) processes for an offshore wind farm. It shows various stages from turbine installation to decommissioning, with a helicopter performing maintenance. A legend below the diagram lists specific tasks and components.

**neopolia**  
Cédric Delgrande, Directeur



VALOREM  
marine solutions

GRUPE  
**ADF**  
SMART INDUSTRIAL SOLUTIONS

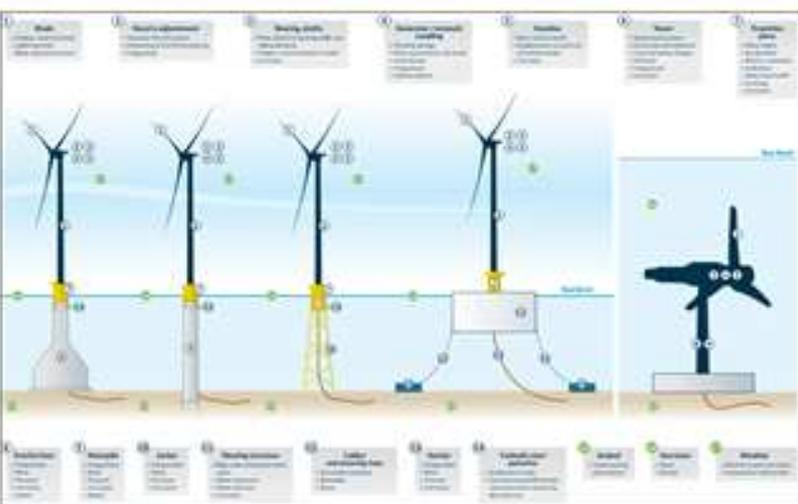
INNOSEA  
Marine Energy Engineering

VALEMO  
operation & maintenance

AEROSPACE
MARINE
DILSCAS
RAL
EMW
NUCLEAR

La partie opération et maintenance est intéressante en ce que elle nous amène à gérer de la co-activité avec les autres usagers de l'espace maritime, que ce soit au niveau portuaire ou en mer. C'est une attente assez forte que nous avons au niveau de l'ARML : puisque nous arrivons très tard dans la chaîne de valeur et que nous ne participons pas en amont aux travaux de concertation et de mise en place par les développeurs de projets (ce sont eux qui sont en prise sur les territoires), nous devons rattraper ce temps pour connaître les usagers, et nous assurer que nous n'avons pas de conflits d'usage mais plutôt des relations de bon voisinage.

## Monitoring des systèmes



The diagram shows the monitoring systems for wind turbines, including sensors and data flow. A legend below the diagram lists specific monitoring components and their functions.

**neopolia**  
Cédric Delgrande, Directeur



CAPACITÉS

INNOSEA  
Marine Energy Engineering

ETEAL

KEOPS

meteocean

Net-Wind

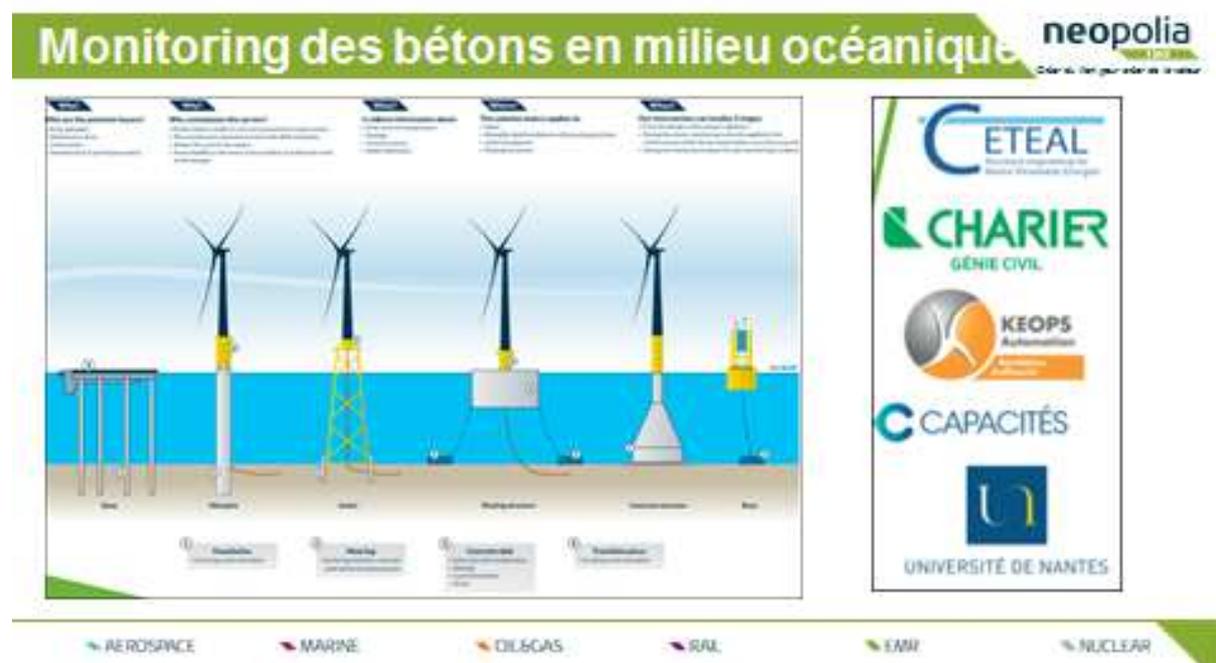
SNEF

VALEMO

AEROSPACE
MARINE
DILSCAS
RAL
EMW
NUCLEAR

Sur la partie *monitoring* de systèmes, un certain nombre d'entreprises peuvent intervenir, soit assez en amont dans le dimensionnement du *monitoring* (typologie de capteurs) soit plus en aval, pour des entreprises qui utiliseront l'information sortant des capteurs, et qui renseigneront le client. Le client peut

être le fournisseur d'éoliennes ou le fournisseur de sous-stations qui lui, sera assujéti à des exigences de performance et de disponibilité vis-à-vis de son client. Nous allons donc instrumenter les structures pour apporter ces informations et ces indications.



Une spécificité est sur les structures béton car, autour de l'Université de Nantes, un certain nombre d'entreprises ont une compétence assez caractéristique là-dessus, que nous essayons de développer.

Pour conclure, notre besoin est celui d'un travail en étroite collaboration avec les consortiums. En France, nous n'avons pas d'éoliennes donc très peu de retours d'expérience. De fait, nous ne savons pas à quelle sauce nous allons être mangés, quelle va être la nature d'un appel d'offres, les compétences attendues, sous quels délais... Notre besoin est vraiment de monter rapidement en compétences, et nous espérons que les parcs de premier rang vont sortir, car nous en avons besoin.

Le corollaire de ces attentes, ce sont des choses qui peuvent paraître moins évidentes, mais qui sont dimensionnantes pour nous, comme par exemple le droit du travail en mer. Les premières entreprises du réseau qui interviennent en mer travaillent en général sur une ou deux journées, et cela est assez simple, comme pour du terrestre, que l'on transpose, à ceci près que nous faisons des compléments de formation sur la sécurité maritime. Mais demain, il nous sera demandé d'être en mer pendant quinze jours. Comment nos structures juridiques devront évoluer pour travailler sur les accords d'entreprise ? Il est important d'y travailler maintenant car il ne faudrait pas que demain, nous soyons disqualifiés sur un appel d'offres du fait de ne pas pouvoir envoyer nos salariés en mer pendant quinze jours.

Voilà les travaux que nous avons dans notre écosystème, je pense à l'ENSM. Nos métiers sont techniques, nous savons ce qu'est une éolienne mais nous ne sommes pas des marins et inversement, les marins savent ce que c'est de travailler en mer, ils sont formés pour cela, mais ils ne savent pas nécessairement ce qu'est une éolienne. Nous entretenons donc ce type d'échanges et de collaboration pour essayer d'avancer. Les bonnes volontés sont bienvenues pour nous permettre de progresser ensemble et d'être prêts à temps.

**Frédéric RAVILLY**

Merci beaucoup Matthieu. Je mentionne juste, tu le sais sans doute, que le CDMO sur les aspects juridiques peut peut-être vous aider, le Centre de Droit maritime et océanique, porté par l'Université de Nantes, qui travaille entre autres sur ces thématiques. Nous pourrions y revenir.



**Transport – logistique**

**Frédéric RAVILLY**

Avant de finir sur la partie formation, nous allons maintenant laisser la parole au Grand Port maritime et à Franck MOUSSET, pour nous présenter les enjeux du port. Frédéric GRIZAUD a mentionné l'importance d'outils pertinents et d'acteurs performants, Franck va nous présenter tout cela aujourd'hui pour répondre à Frédéric.

**Franck MOUSSET**

Bonsoir. Je vais essayer d'aller vite car le public est de moins en moins nombreux. De plus, beaucoup de choses ont déjà été dites sur le Grand Port maritime. Je le rappelle, nous nous voulons le grand Port de référence en matière de transition énergétique. Pour le port, la transition énergétique ce ne sont pas que les EMR. Mais nous avons réalisé beaucoup d'investissement sur les EMR.

## La filière éolienne : une réalité à Nantes Saint-Nazaire Port

### L'éolien terrestre

- ▶ Une expertise de plus de 10 ans
- ▶ Trafic : Plus de 32,5 M tonnes en 2018, en augmentation de 8,8 % par rapport à 2017

### L'éolien offshore

- ▶ A Montoir de Bretagne : une usine GE pour l'assemblage de nacelles offshore. Plus de 70 nacelles expédiées depuis 2016
- ▶ A Saint-Nazaire :
  - ▶ Une usine STX pour la fabrication de sous-stations électriques
  - ▶ Construction et expédition de la 1<sup>ère</sup> éolienne flottante



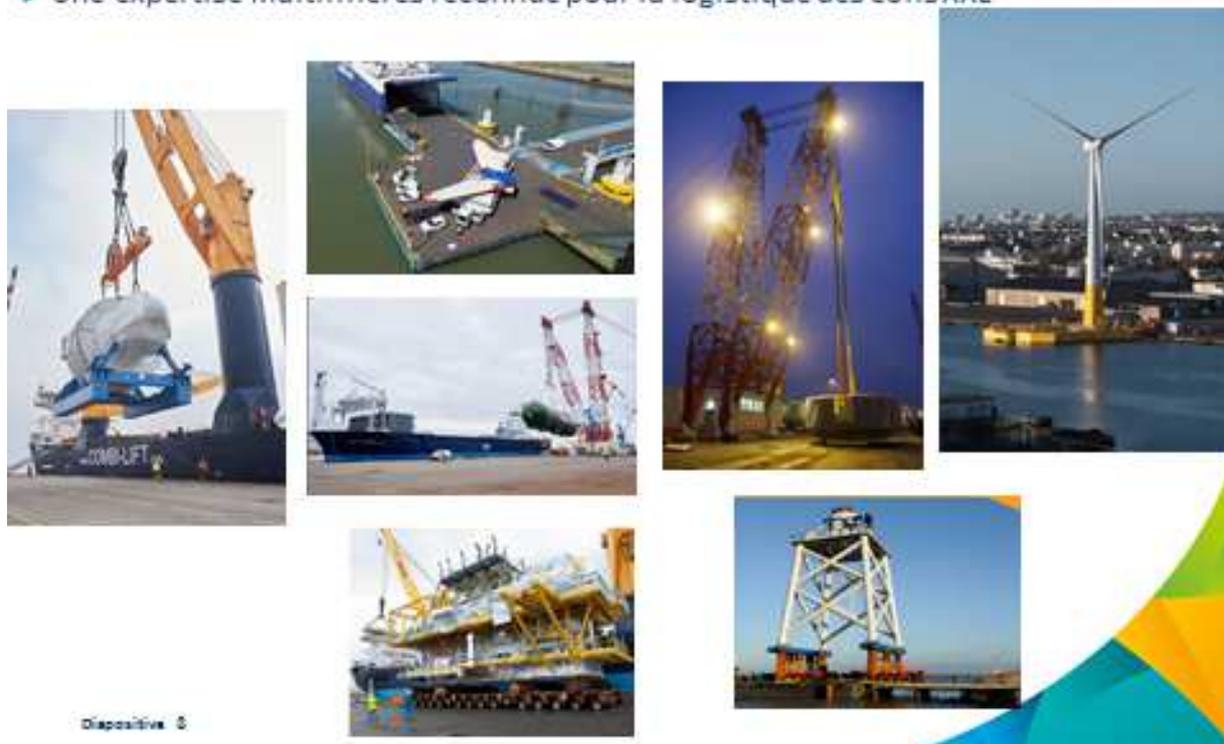
Diapositive 2

Je vais surtout parler de choses opérationnelles. Tout à l'heure, nous avons parlé de projet, d'éléments à venir ou qui n'allaient plus tarder. Comme nous sommes en amont de la démarche de construction des champs éoliens, énormément de choses ont déjà été faites sur le Grand Port maritime, et pas que par le Grand Port maritime. Ce sont aussi les collectivités, l'État, tous ceux qui participent au financement du Contrat de plan État-Région. J'ai indiqué dans la diapositive que nous intervenons pour l'éolien terrestre. Nous avons une expérience de plus de dix ans dans l'éolien terrestre, c'est-à-dire de grands colis. En particulier, nous travaillons avec ENERCON.

Dans l'éolien offshore, pas mal de choses se sont passées ces dernières années. L'usine General Electric a été évoquée, elle est sur le territoire du port. Nous avons été obligés de déplacer un certain nombre d'entreprises qui étaient sur le site préalablement. Elle a fonctionné puisqu'elle a fourni soixante-dix nacelles, alors que chacun sait aujourd'hui qu'elle est un peu au ralenti. Par ailleurs, sur Saint-Nazaire s'est implanté un morceau des Chantiers de l'Atlantique pour la fabrication des sous-stations électriques. Plusieurs sont sorties comme nous l'avons vu. Nous avons aussi aidé à contribuer à sortir la première éolienne flottante.

## Les atouts de Nantes Saint-Nazaire Port

► Une expertise multifilières reconnue pour la logistique des colis XXL



Dispositif 6

Je vais passer rapidement sur les atouts de Nantes–Saint-Nazaire port, qui font un peu publicitaire. Nous accueillons beaucoup d'activités et pas uniquement les éoliennes. Les photos présentées sont moins impressionnantes que les vidéos que nous avons vues tout à l'heure. Nous nous spécialisons de plus en plus dans les colis XXL, dans les éléments très larges et très lourds.

## Les atouts de Nantes Saint-Nazaire Port

### Des quais XXL

- ▶ Un nouveau quai de 350 m à Montoir
- ▶ Des quais renforcés à 15 T/ m<sup>2</sup> autour des bassins de Saint-Nazaire



### Des solutions multimodales et maritimes

- ▶ Un service fluvial Flexiloire, alternative à la route, en connexion avec l'ensemble des sites portuaires
- ▶ Un panel d'offre de lignes régulières

Diapositive 4

Pour aller un peu plus loin dans le détail, a été réalisé un nouveau quai de 350 m à Montoir, en face de l'usine General Electric. Pour mémoire, les investissements sont tout de suite importants, puisque ce quai a coûté environ 40 M€, très largement financés par le Contrat de plan État-Région. Les travaux ont duré deux ans et se sont terminés juste à temps, puisqu'ils ont permis à General Electric de sortir ses premières nacelles. Par ailleurs, nous avons renforcé une partie du quai de la Prise d'eau, comme évoqué précédemment, à 15 t le mètre carré, c'est-à-dire avec une portance très importante par rapport aux quais habituels.

Par ailleurs, je n'ose dire que cela est anecdotique mais ce n'est pas tout à fait dans le cœur de l'intervention de ce jour, nous avons mis en place un service fluvial avec l'aide des collectivités, le service Flexiloire qui permet de relier de façon aisée, et par le fleuve, la zone de Montoir et la zone de Cheviré dans l'agglomération nantaise.

## Les atouts de Nantes Saint-Nazaire Port (3)

### Des nouveaux espaces fonciers pour des hubs/plateformes logistiques

- ▶ Aménagement d'une zone de 15 hectares le long de la forme Joubert afin d'accueillir le hub logistique destiné au premier champ éolien du Parc du Banc de Guérande
- ▶ Autorisation d'aménager 110 ha sur le site du Carnet



### Des infrastructures routières et portuaires

- ▶ Des connexions XXL entre des sites portuaires complémentaires avec l'aménagement du boulevard des apprentis à Saint-Nazaire



Diapositive 6

Ensuite, on trouve aussi des espaces fonciers pour des *hubs*, plates-formes logistiques. Vous voyez le *hub* logistique, un terrain d'une quinzaine d'hectares, extrêmement bien placé puisque situé à proximité immédiate de la grande forme Joubert, qui sert à la fois aux Chantiers de l'Atlantique pour les *dry-docks*, quand le bateau est stoppé, mais qui sert aussi à rentrer dans les différents bassins de Saint-Nazaire. Un aménagement de cette zone de 15 ha a été réalisé en hub logistique, et nous sommes prêts aujourd'hui à accueillir. Nous attendons comme tout le monde la décision du Conseil d'État, puis la signature d'une autorisation d'occupation temporaire à General Electric. Pour essayer de prendre de l'avance par ailleurs – car chacun sait comme les procédures d'autorisation sont extrêmement longues à obtenir – nous avons une autorisation d'aménager une nouvelle zone sur le site du Carnet, sur le site sud, une zone de 110 ha.

Des travaux connexes ont été réalisés, dont la réalisation d'une voie dite XXL, ou de façon un peu plus poétique le Boulevard des apprentis à Saint-Nazaire. Il permet d'accéder avec de grands convois particulièrement larges entre Montoir et la zone industrielle de Saint-Nazaire.

Je voudrais rajouter en commentaire qu'il a été beaucoup fait sur le port pour accueillir l'éolien. Ce sont beaucoup d'investissements et un risque pour l'avenir. Nous avons investi environ 70 M€ pour accueillir tout ce qui tourne autour des EMR. N'oublions pas que le port est aussi une entreprise économique et que nous sommes dans l'attente de la réalité des choses. Cela a été dit par des industriels mais c'est aussi vrai pour le Grand Port maritime. 70 M€ sont sortis, aujourd'hui nous n'avons que des contrats de réservation par EDF-EN, le parc du banc de Guérande, et rien n'est rentré. Cela nous pose un réel problème, comme aux entreprises de l'agglomération nazairienne.

Le deuxième niveau de problème est : que se passe-t-il après ? Nous avons le parc du banc de Guérande, les îles d'Yeu–Noirmoutier, mais derrière ? Comment va évoluer l'éolien flottant, quels sont les besoins portuaires, que dira la PPE, qu'est-ce qui sortira dans le document stratégique de façade ? Tous ces points d'interrogations peuvent poser des problèmes au port. En fin d'année, nous allons engager l'élaboration d'un nouveau projet stratégique, avec l'État, la Région, les collectivités et nous devons nous poser des questions sur la poursuite des EMR. Faut-il aller plus loin ? Nous savons que nous irons de plus en plus vers le gros, vers le lourd, cela a été dit tout à l'heure. Cela signifie des infrastructures portuaires nouvelles. On peut même dire aujourd'hui que la forme Joubert n'est pas assez large pour faire passer certains gros équipements. Faut-il se projeter dans l'avenir, avec quelle part de risque ? Toutes ces questions sont posées.



## Emploi – formation

### Frédéric RAVILLY

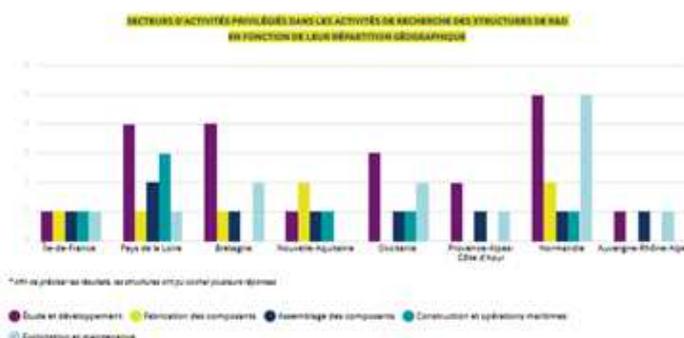
Merci beaucoup Franck, et tu as mieux que respecté le timing. La dernière intervention est un rôle très difficile. Il reste encore beaucoup de monde, je vous remercie de tenir encore une quinzaine de minutes et nous pourrons vous libérer. Nous ne voulions pas terminer cette journée sans parler de formation et d'emploi, et nous avons sollicité Yann VACHIAS, le directeur de l'école ENSM de Nantes pour nous parler de cette thématique.

### Yann VACHIAS

Dans un premier temps, nous allons rapidement parler du contexte. Les données présentées proviennent de l'observatoire des EMR.

## Le contexte régional

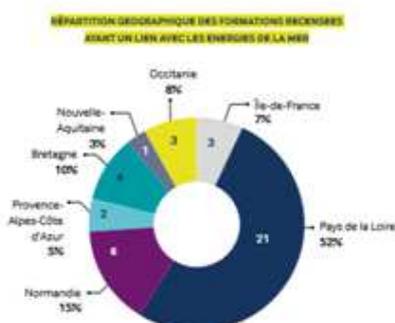
Pays de la Loire : 1364 emplois avec 51% des ETP au niveau national localisés dans les pays de la Loire (contre 42% en 2016 +490 ETP)



ENSM

Les Pays de la Loire représentent 1 364 emplois, avec 51 % des ETP au niveau national localisés dans les Pays de la Loire, contre 42 % en 2016. L'augmentation est d'environ 500 ETP. Nous voyons par rapport aux différentes régions, que les Pays de la Loire sont très dynamiques en termes d'emploi.

## Le contexte régional

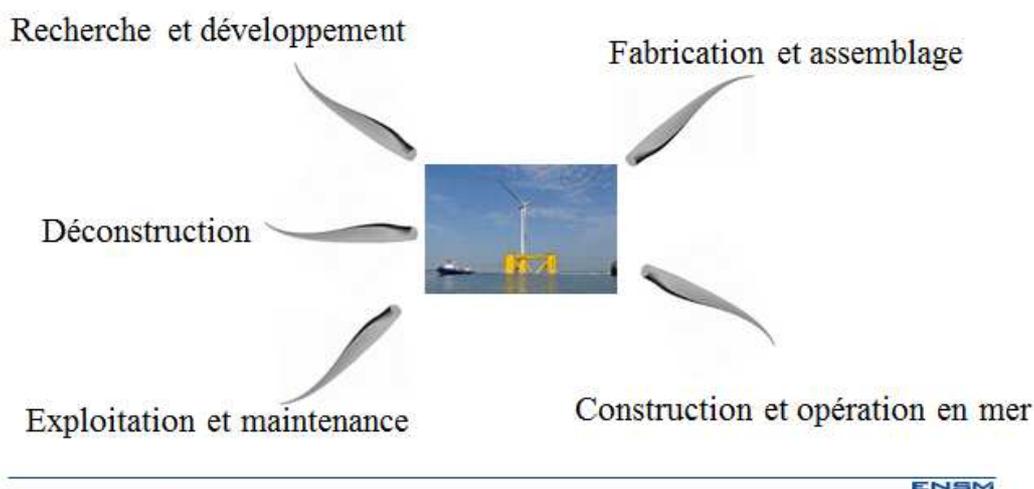


- Majorité des formations en Pays de la Loire
- Niveau du Bac professionnel au doctorat en passant par la formation continue

ENSM

Sur le contexte régional, la majorité des formations qui existent et qui sont proposées au niveau national ont lieu en Pays de la Loire. Nous pourrions voir ensuite qu'un nombre important de formations couvrent les différents domaines. Les niveaux vont du bac professionnel au doctorat, en passant par la formation continue. Nous sommes donc très riches en termes de formation initiale mais aussi en termes de formation continue.

## QUELS SECTEURS: Les Métiers



Le contexte posé, quels sont les différents métiers en lien avec les EMR ? Quels sont les secteurs ? Les différents secteurs concernent l'ensemble de la phase de vie d'un système complexe comme les EMR. Une première phase de recherche et développement va permettre à des métiers de se développer dans ce secteur. Ensuite, la fabrication et l'assemblage des différents équipements, la construction et l'opération en mer, les exploitations et la maintenance et, même si nous n'en sommes pas encore là, il faut aussi envisager la déconstruction du parc.

## LES METIERS

❖ Pas de nouveaux métiers mais des métiers à transformer

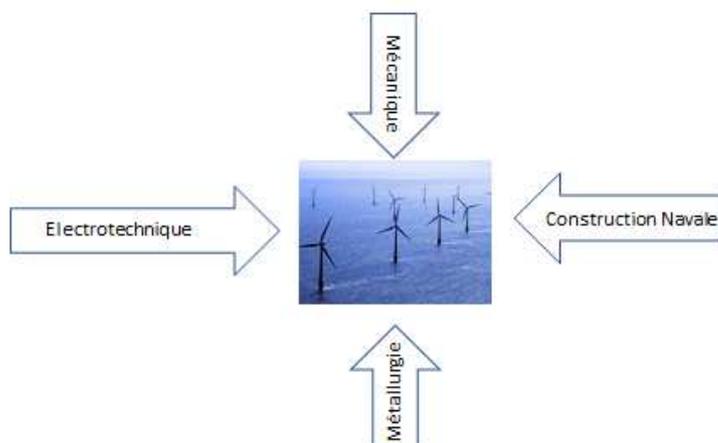
❖ Plusieurs métiers en un:

- Electronique de puissance
- Mécanique
- Hydraulique
- Automatique
- Informatique

=> Un nouvel environnement: MARITIME

Un point important : il ne s'agit pas de nouveaux métiers mais de métiers qui vont se transformer. Tout à l'heure, Philippe indiquait que nous avons des compétences spécifiques liées à la taille des engins et des objets. Il va falloir adapter les métiers existants et il ne s'agit pas de nouveaux métiers. Ensuite, il existera plusieurs métiers en un, des compétences sur l'électronique de puissance, la mécanique, l'hydraulique, l'automatique, l'informatique et surtout un nouvel environnement. Nous savons réaliser des choses sur l'éolien terrestre mais l'environnement sera autre, l'environnement maritime, et nous devons prendre en compte toutes les contraintes liées à cet environnement, notamment l'aspect humain et les aspects météorologiques, qui sont loin d'être négligeables.

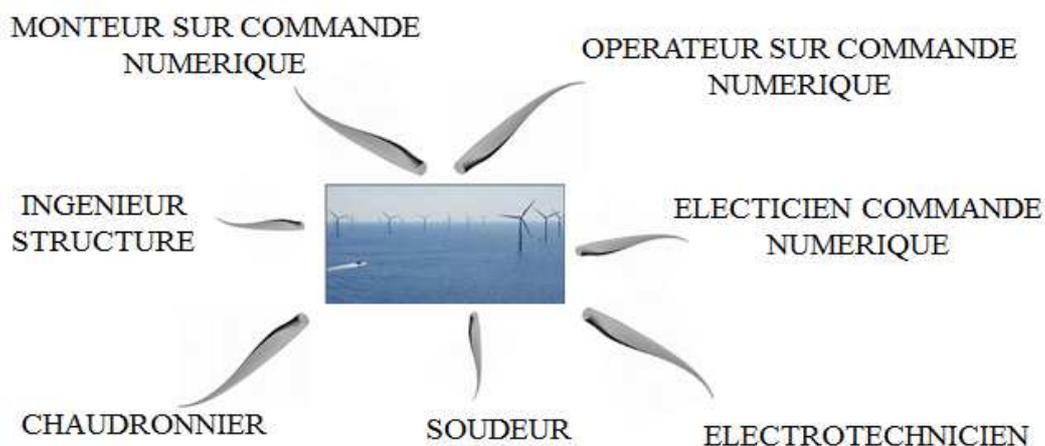
## LES METIERS



ENSM

Nous allons trouver des métiers au niveau mécanique, électrotechnique, en métallurgie et en construction navale. Cela signifie que des métiers vont être en tension.

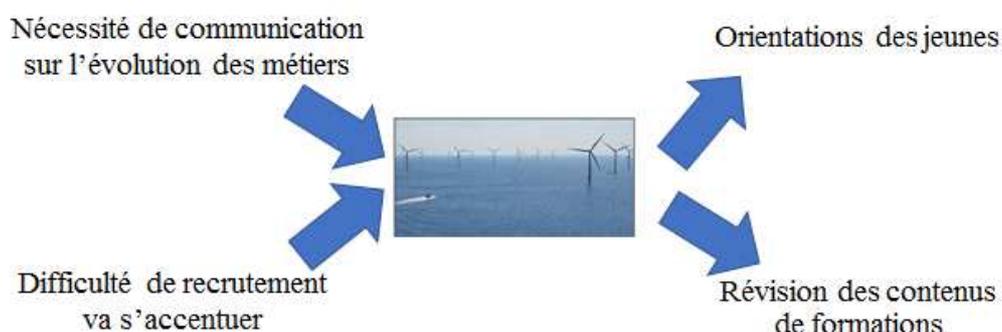
## METIERS EN TENSION



ENSM

Nous avons des métiers en tension, comme les monteurs sur commande numérique, les opérateurs sur commande numérique, les électriciens, les électrotechniciens, les soudeurs, les chaudronniers et les ingénieurs de structure.

## METIERS EN TENSION

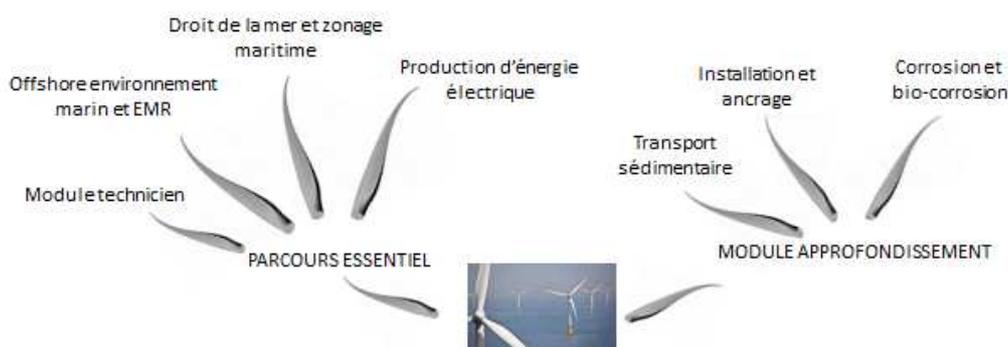


ENSM

Pour ces métiers en tension, il existe une nécessité de communication sur l'évolution ces métiers. Certains métiers n'attirent pas, car il n'est pas forcément précisé que ces métiers vont maintenant travailler sur de nouvelles technologies qui correspondent à ce qui va arriver dans le futur. Il est important de communiquer sur l'évolution des métiers pour attirer des jeunes. La difficulté de recrutement va s'accroître. On remarque déjà que sur certains métiers, nous sommes en tension. Or, les champs ne sont pas encore en place. Lorsque les champs seront en place, un appel d'air va se créer sur ces métiers, et une tension supplémentaire. Il est important dès maintenant d'essayer de pallier ce problème. Pour cela, nous avons deux solutions : l'orientation des jeunes, en communiquant très tôt sur l'évolution des métiers qui vont travailler avec de nouvelles technologies, et la révision des contenus de formation de ces métiers qui doivent prendre en compte ces évolutions.

## Formations en Pays de la Loire

Formation WEAMEC



ENSM

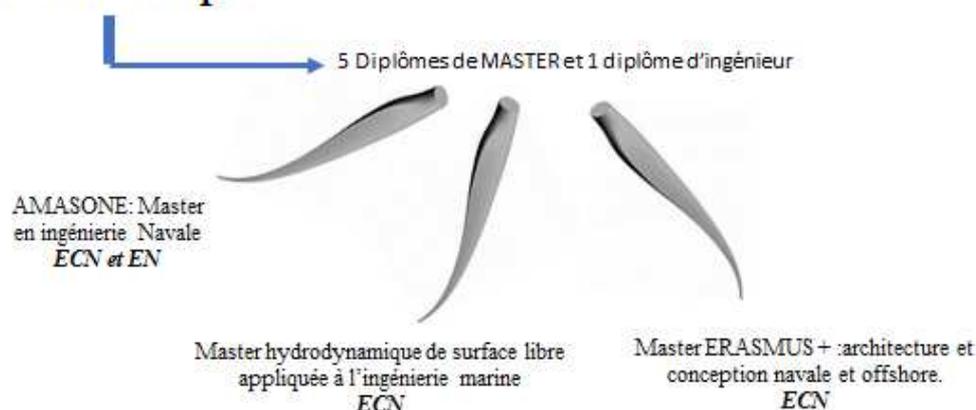
Si nous zoomons sur les formations en région, WeAMEC propose deux types de domaines de formation, les « parcours essentiels » qui visent, à travers différents modules, à donner des compétences globales sur les EMR et qui sont certifiants, et des « modules d'approfondissement » qui vont permettre à des acteurs de développer une expertise dans un domaine particulier. Nous

retrouvons là l'ensemble des « parcours essentiels » qui couvrent les parties techniciens, offshore, environnement, droit de la mer, production d'énergie électrique et les « modules d'approfondissement » sur le transport sédimentaire, l'installation et l'ancrage et la corrosion et la biocorrosion.

## Formations en Pays de la Loire

Formations initiales

### Génie océanique



ENSM

Toujours en formation initiale, différents domaines : le génie océanique, le génie civil, la structure des procédés et des EMR et la maintenance. Sur le génie océanique, des diplômes de Master et un diplôme d'ingénieur, des diplômes proposés par l'Ecole Centrale de Nantes, et l'Ecole Navale sur un Master en partenariat

## Formations en Pays de la Loire

Formations initiales

### Génie Civil



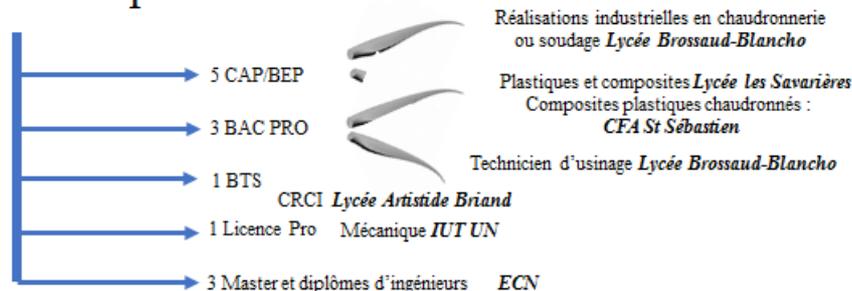
ENSM

Des compétences et des formations sur le génie civil avec deux diplômes de Master, un par l'Université de Nantes, un autre par l'école Centrale de Nantes.

## Formations en Pays de la Loire

Formations initiales

### Structure des procédés EMR



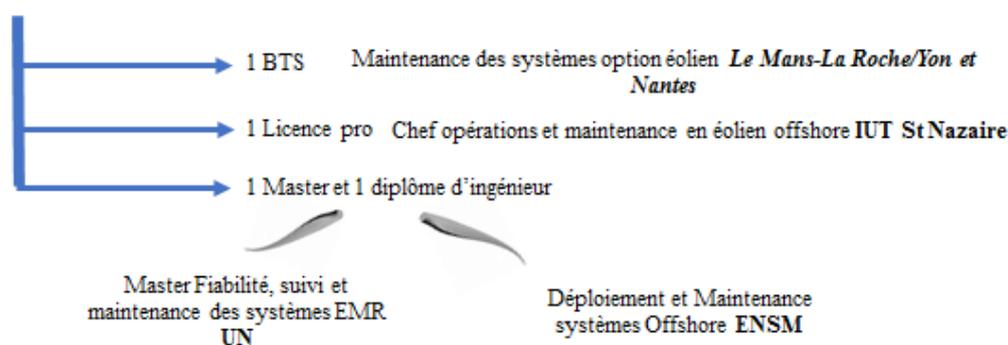
ENSM

Cela va couvrir aussi la structure des procédés, et vous remarquez que l'on couvre des formations qui vont du niveau CAP-BEP jusqu'au diplôme d'ingénieur. Le panel de formations est donc important.

## Formations en Pays de la Loire

Formations initiales

### Maintenance EMR



ENSM

Pour les maintenances EMR, les formations couvrent du bac +2 au bac +5.

## Formations en Pays de la Loire

### Stages

#### ❖ Formations GRETA

#### ❖ Stages:

- ❖ **Certifiant:** GWO,BZEE,BST (pas de formation en Pays de la Loire)
- ❖ **Non certifiant:** OSMA

---

ENSM

Enfin, des stages, à la fois pour des formations certifiantes comme le GWO, le BZEE, le BST et des formations non certifiantes, qui visent à sensibiliser les futurs techniciens, qui vont travailler sur les parcs éoliens, à l'environnement maritime.

J'en ai terminé. Si vous voulez rentrer un peu plus dans les détails et compléter cette présentation, vous pouvez passer par le site du WeAMEC qui est très bien réalisé : il détaille toutes les formations initiales et les formations continues avec les différentes références. Je reste à votre disposition si besoin.

*Applaudissements*



### Echanges avec la salle

#### **Frédéric RAVILLY**

Merci beaucoup Yann. Je vous propose d'applaudir nos intervenants pour cette dernière table ronde. Je pose quand même la question : y a-t-il des questions ?

#### **Bernard MARTIN**

Ce n'est pas une question, mais j'ai entendu Matthieu BLANDIN poser la question du droit applicable. Je suis le référent maritime des DIRECTE Bretagne et Pays-de-la-Loire. Qui depuis presque une décennie, travaillent en concertation. Nous travaillons sur le droit social applicable notamment à bord des navires. Je travaille aussi avec les différents corps d'inspection du travail qui contrôlent ces chantiers en mer. Je me rapprocherai de vous et je vous invite à vous rapprocher de moi. Je remercie aussi la Région Pays de la Loire d'organiser ce genre d'événement qui nous permet de nous rencontrer.

### **Laurent DUBOST**

Laurent DUBOST, Fédération française de plongée. Je fais un simple constat : nous sommes là sur des sciences et des métiers qui sont dans le dur. Or aujourd'hui, des projets comme celui du banc de Guérande bloquent sur des problèmes de recours, donc d'acceptabilité. Je me demandais s'il n'y a pas aussi à développer des compétences nouvelles sur les métiers de la communication avec le public, en amont, et en aval quand cela fonctionnera.

De la même façon, nous avons beaucoup d'interrogations sur les impacts environnementaux, ce qui n'est pas une raison pour rejeter ces projets, mais au contraire. Là aussi, des formations sont à envisager pour ces suivis environnementaux et la restitution des constats auprès du public, pour favoriser une meilleure acceptabilité à terme. Il y a donc aussi des sciences molles à promouvoir.

### **Frédéric RAVILLY**

Philippe peut répondre mais Franck SCHOEFS pourrait aussi vous répondre, puisque l'IUML regroupe non seulement des scientifiques de sciences dures mais également les sciences humaines et sociales qui font partie de l'IUML, au même titre que les sciences dures et qui traitent de ces sujets. Je laisse Philippe répondre.

### **Philippe BACLET**

Pour compléter simplement comme tu viens de le dire Frédéric, une des spécificités de notre écosystème est, au travers des compétences de l'Université de Nantes, d'avoir des compétences très fortes dans le domaine des sciences humaines et sociales, donc de l'accompagnement, que ce soit en termes de droit, d'acceptabilité, de définition des zones de pêche par exemple. Des collaborations existent entre le COREPEM et le LETG, un des laboratoires de l'Université de Nantes, pour définir comment évoluent les zones de pêche en fonction des saisons, en fonction de l'activité. Ce point est essentiel.

Dans la formation continue WeAMEC qui a été évoquée, nous trouvons à la fois des sciences dures et une prise en compte des sciences humaines, y compris en formation continue – un aspect très important. Un module s'appelle « Partage des usages », un autre s'appelle « Droit des EMR ». Ces points sont essentiels. De plus, c'est une force de l'écosystème. Une chaire internationale, pilotée par Patrick CHAUMETTE du CDMO de l'université de Nantes, a décroché ce projet au niveau européen et est leader dans ce type d'approche. Il existe aussi une chaire – je me tourne vers Franck qui pourra compléter – qui vient de démarrer, entre le LETG, l'université de Nantes et EDF, sur ces approches, sur les méthodes de concertation, sur l'acceptabilité qui sont des enjeux au moins aussi importants que les enjeux techniques.

### **Frédéric RAVILLY**

Ces sujets seront effectivement abordés lors des deux prochaines ARML, aussi bien pour les aspects de co-activité que les aspects environnement. Nous parlerons aussi – et votre remarque est tout à fait pertinente – de ces aspects de formation sur ces domaines.

### **Patrick PIRRAT,**

Patrick PIRRAT, des Chantiers de l'Atlantique. Juste un petit rappel sur l'état de l'art en matière d'éolien en mer : l'ouverture du premier équipement touristique de découverte de l'éolien en mer à destination

du grand public va ouvrir le 10 février à Saint-Nazaire. Nous sommes partenaires de ce projet auquel nous croyons beaucoup. 500 000 € ont été investis, et il sera une très forte contribution à l'éolien maritime sur notre territoire.

### **Frédéric RAVILLY**

Nous réfléchissons aussi à une délocalisation de l'ARML. Une option pourrait être de le faire à EOL, dans la base sous-marine de Nazaire.

### **Noémie LARROUILH**

Noémie LARROUILH, programme UN e SEA, Université de Nantes. Je fais partie de l'Institut Universitaire Mer et Littoral. L'UN e SEA est une université numérique des sciences de la mer. Pour compléter tout ce qui a été dit, nous travaillons à rendre plus accessible les contenus des Master de l'université de Nantes, dont plusieurs ont été cités – merci Yann pour ton exposé – notamment les Master en génie civil, plus particulièrement axés vers les méthodes de réalisation des ouvrages maritimes qui sont des contenus d'ingénierie très pointue.

Petit à petit, d'année en année, nous essayons de rendre ces contenus accessibles selon des formats un peu plus courts, qui n'obligent pas nécessairement les professionnels à suivre un Master en entier, mais à aller chercher le contenu qui les intéresse, grâce aux techniques numériques, sur des formats un peu plus court. À l'occasion de « la Mer XXL », nous allons aussi présenter des formats de formation plus grand public, qui viendront toujours s'appuyer sur les contenus scientifiques de l'université de Nantes, pour réaliser des actions de sensibilisation aux grands enjeux, notamment environnementaux.

### **Frédéric RAVILLY**

Merci Noémie. La dernière question ?

### **Jean-Marc BOYADJIS**

Un simple constat, pour avoir concerté sur les parcs de Saint-Brieuc et Yeu–Noirmoutier pendant quelques années, je me rends compte que la difficulté de ces projets est d'associer le public avant les enquêtes publiques, pour qu'il puisse témoigner sur les projets. En France, dans les enquêtes publiques, ce sont toujours les opposants qui s'expriment, jamais les alliés, même si nous essayons d'aller les chercher. Je le vois ce soir, nous avons de nombreux atouts. Il faudrait réfléchir à la façon de les faire valoir au niveau du public, pour obtenir une adhésion et contrer les recours de quelques-uns qui bloquent le système pendant des années.

### **Frédéric RAVILLY**

Moyennant la concertation sur la co-activité, quand nous nous serons mis d'accord, il peut être tout à fait pertinent d'utiliser l'ARML comme vecteur de communication vers le grand public, en effet.

Il me reste à vous remercier pour votre participation, à remercier les courageux qui sont restés jusqu'au bout, mais vous êtes quand même la majorité, c'est ce que nous retiendrons. Pour terminer, retenez deux dates : le 25 mars\* sur les aspects d'environnement, le 27 mai\* sur les aspects de co-activité, deux nouvelles sessions ARML. N'hésitez pas non plus à nous faire des retours, notamment vers le Conseil régional et vers Bernard de CASTELBAJAC en particulier, sur la forme de cette ARML. Nous souhaitons partager cela avec vous. Volontairement, c'était très dense. Beaucoup de choses sont à dire

et je ne sais pas si nous retiendrons toujours ce format, mais n'hésitez surtout pas à nous donner vos appréciations. Nous nous nourrirons de cela pour la suite. Merci encore une fois à nos derniers intervenants pour leurs exposés brillants. Merci et bonne fin de journée.

*(\*) dates modifiées post-réunion : 29 avril et 1<sup>er</sup> juillet.*