



# COMPTE RENDU INTÉGRAL

Lundi 30 août 2021 - **EN LIGNE**

ATELIER « POLITIQUE INDUSTRIELLE ET TERRITOIRES » ½

17H30-20H - 120 PARTICIPANTS

## Développement de l'éolien flottant, où en est-on ?

Commission particulière  
du débat public (CPDP)

**M. Étienne BALLAN**  
Président

**M. Mathias BOURISSOUX**  
Membre

Intervenants

**M. Yannick BOQUENET**  
RTE

**M. Olivier GUIRAUD**  
Qair Marine

**M. Alexis DARQUIN**  
Equinor

**M. Seif EL MISTIKAWI**  
EFGL

**M. Mathieu MONNIER**  
France Énergie Éolienne

**Mme Anne GEORGELIN**  
SER

**M. Bruno LADSOUS**

**Mme Christine DEJOUETTE**  
Occitanie Environnement  
EDF Énergies Renouvelables

**Mme Victoire CHEMINÉE**  
Commission de Régulation  
de l'Énergie

### ... M. Étienne BALLAN, Président de la CPDP

Bienvenue dans cet atelier thématique du débat public sur l'éolien flottant en Méditerranée. Je vous propose qu'on commence la réunion, on attend encore quelques dizaines de participants, mais par égard pour vous tous qui avez fait l'effort d'être à l'heure, je pense qu'il est vraiment bien que nous commencions, on a un programme assez important qui va nous amener normalement jusqu'à environ 20 heures pour la fin de cette réunion. Je me présente, je m'appelle Étienne BALLAN, je suis président de la commission particulière du débat public sur l'éolien flottant en Méditerranée. Il est important que vous situiez bien qui nous sommes, nous sommes une commission indépendante nommée par la Commission nationale du débat public et nous avons en charge l'animation de ce débat public. Nous sommes neutres et indépendants et nous donnons la parole à tous pour aller dans ce débat et permettre que tout le monde puisse participer et échanger des arguments.

Ce débat a lieu jusqu'au 31 octobre et le principe général est que nous faisons un débat qui doit permettre au public de défendre ses droits et d'exercer son droit qui est prévu dans l'article 7 de la Charte de l'Environnement. Cet article stipule que toute personne peut accéder aux informations relatives à l'environnement et participer à l'élaboration des décisions publiques, c'est écrit sur le diaporama qui est ici. Cette commission est composée de six membres assistés par un secrétariat général et ce soir nous allons animer la réunion à deux voix avec mon collègue Mathias BOURISSOUX qui est également membre de la commission.

Ce que je vous propose avant toute chose, c'est d'indiquer peut-être par un petit sondage qu'on voudrait vous faire passer pour savoir qui est autour de la table, il n'y a pas de table, mais qui est autour de l'écran. On va vous poser quelques petites questions, je vais demander à la régie de lancer la première question, s'il vous plaît. Voilà, afin de faire connaissance, on souhaiterait savoir quelque part de quel endroit vous parlez, vous participez. Vous pouvez être plusieurs choses dans la liste qui vous est proposée. On vous laisse quelques secondes, si vous le voulez bien, pour cliquer sur les différents choix que vous voulez mettre en avant et ça nous permettra ensuite d'avoir un peu une image, une photographie en fait de la participation à notre réunion. Je vous laisse quelques instants, dès que la régie nous le signale, on pourra passer au résultat.

### ... Olivia, Membre de l'équipe logistique

Les résultats, c'est 80 % de participation.

### ... M. Étienne BALLAN, Président de la CPDP

Merci beaucoup d'avoir pris le temps de répondre. On voit que les acteurs de l'énergie sont fortement représentés. Je vais revenir après sur le sujet, et c'est tout à fait logique au vu du sujet, mais je pense que c'est très intéressant aussi de voir que nous avons un certain nombre de personnes qui sont membres d'association, qui se définissent comme citoyens. Et à noter la présence de plaisanciers, et puis un ou une élue qui est avec nous ce soir. On va passer à la 2e question, Olivia, si tu veux bien. Pour cette question, c'est très simple, c'est de nous indiquer si vous habitez ou si vous travaillez dans un des départements littoraux concernés par le projet ou éventuellement ailleurs, bien entendu. De la même façon, on vous laisse quelques instants.

Merci également d'avoir répondu, la bonne nouvelle, c'est que tous les départements sont représentés, donc ça, c'est toujours une bonne chose et on cherche toujours effectivement à ce que le territoire puisse s'exprimer dans toute sa diversité et puis on notera bien entendu une représentation aussi des personnes qui ne sont pas sur ce territoire, pour la CPDP, c'est très intéressant et l'outil numérique nous permet, permet en tout cas, vous permet à ceux qui ne sont pas dans les différents départements de pouvoir quand même à participer aux débats. C'est une chose très importante, on est ravis. Et puis les Bouches-du-Rhône sont un peu plus peuplées que les autres, et donc, ils sont un peu plus représentés. Je pense qu'il nous reste une 3e question.

... **Olivia**, Membre de l'équipe logistique

Non, il n'y en avait que deux.

... **M. Étienne BALLAN**, Président de la CPDP

Il n'y en avait que deux pour ce soir, excusez-moi, c'est moi qui n'ai pas bien regardé la consigne. Maintenant qu'on a vu un petit peu de quelle façon, qui est un peu autour de la table, c'est un peu synthétique, bien sûr, on est en tout une centaine de participants sur un sujet qui va être détaillé un peu plus tard. Le sujet de ce soir, pour le dire à grands traits, il s'agit de la question, de faire un point sur où on en est sur la question technologique et sur la question de l'éolien flottant sous différents angles. Je laisserai Mathias vous expliquer comment la réunion va se dérouler, ce qui est important, c'est pourquoi on parle de ça ? On parle de ça maintenant à la rentrée du mois de septembre, le débat, comme je l'ai dit a commencé le 12 juillet et il s'est déroulé avec une première phase qui était plutôt une phase qu'on va appeler généraliste où on a été au plus près des habitants, des résidents, des acteurs économiques, mais aussi des estivants qui sont sur la côte seulement pour quelques semaines en été, pour vraiment aborder l'ensemble des sujets, l'ensemble des questions et recueillir à la fois leurs interrogations, leurs contributions, leurs propositions. Cette étape est maintenant terminée, nous allons en fait poursuivre ces dispositifs de rencontres dans l'espace public avec des stands, avec des réunions de proximité, mais nous entrons maintenant dans une phase qu'on va appeler phase d'approfondissement, puisqu'on va pouvoir à partir de maintenant réutiliser l'ensemble des arguments et des questions qui ont été posées pour aller un peu plus au fond des choses, pour le dire simplement et pour faire le point, parfois de façon un peu technique ou peu importe, mais de façon précise. C'est à cela que la commission vous invite. C'est véritablement ce soir que l'on va rentrer un peu dans les détails et essayer de comprendre ce qui se cache derrière cette technique d'éolien flottant, où est-ce qu'on en est un peu plus précisément.

Pourquoi on fait ça ? On ne fait pas ça juste pour le plaisir d'une réunion publique, on fait ça parce que ces échanges-là doivent nous permettre d'éclairer une question fondamentale que pose le débat, c'est : oui ou non, il faut développer d'importants parcs éoliens commerciaux en mer Méditerranée. Est-ce que c'est possible, est-ce que c'est souhaitable ? C'est une question de fond et cette question de fond, c'est maintenant qu'il faut la traiter. Après le débat, il sera le temps de la décision, et l'État qui est maître d'ouvrage avec RTE de ce projet fera à ce moment-là le choix de développer ou pas l'éolien flottant en Méditerranée. Aujourd'hui, il n'y a pas de décision prise en ce domaine, il y a des

intentions et le débat a pour objectif de creuser et d'interroger ces intentions. Ce soir, c'est ce que nous allons faire de façon à ce qu'on puisse savoir précisément le degré de connaissance ou de non-connaissance, le degré de maturité ou au contraire d'immaturité de la technologie, les risques et les certitudes que cette technologie amène. Bien entendu, on le fera à la fois sous un angle technique, mais également sous un angle économique, pour savoir quel est un petit peu le modèle derrière ce développement de la technologie de l'éolien flottant.

Je vous remercie de votre attention, et je vais donner la parole à Mathias BOURISSOUX qui va lancer – j'ai envie de dire – la réunion et vous présentez son déroulement en particulier.

### ... M. Mathias BOURISSOUX, Membre de la CPDP

Bonsoir à toutes et à tous. Ces sujets que vient de synthétiser Étienne BALLAN qui portent sur les enjeux économiques, mais aussi techniques n'ont pas encore été très abordés jusqu'à présent, pas en atelier en tout cas, et pour autant, ils ont beaucoup intéressé les publics, notamment, nous l'avons vécue sur le stand du débat-mobile tout l'été, de nombreuses personnes nous ont interrogés sur un certain nombre de sujets et nous avons recueilli un certain nombre aussi d'arguments en fonction, dont certains sont rappelés ici, parce qu'ils nous ont tout simplement inspirés pour pouvoir construire l'ordre du jour de cette rencontre.

Quelles sont ces grandes questions qui ont été partagées jusque-là avec le public et qu'on aimerait traiter aujourd'hui ? Premièrement, on voit qu'il y a une grande difficulté pour les gens tout simplement à s'y repérer dans cette technologie. C'est-à-dire qu'il y a une difficulté premièrement à prendre conscience de ce que ça représente, de ce que ça représente comme challenge technologique, ce que ça peut avoir comme dimension une éolienne flottante et quelles sont les caractéristiques de l'objet ? On a été beaucoup interrogés là-dessus, il sera important d'y revenir.

Deuxièmement, les gens se demandent pourquoi il y a autant d'incertitudes encore, de questions, on va dire qui sont en suspens ou en voie de traitement, alors que même l'éolien posé en mer existe depuis longtemps. Après tout, il y a environ 5 000 éoliennes aujourd'hui en mer, même si elles ne sont pas flottantes, est-ce qu'elles n'apportent pas un bon nombre de certitudes ou en tout cas de retours d'expériences qui peuvent nous permettre de mieux aborder l'objet et donc d'apporter peut-être certaines certitudes quant au challenge technologique que ça représente. Ça, ça fait partie des sujets qui sont souvent revenus. Et en fonction de ça, quels sont pour autant les changements, les changements importants qui se posent avec l'éolien flottant, est-ce qu'il y a encore des verrous technologiques, est-ce que c'est risqué finalement de poursuivre les investigations sur cette technologie, est-ce qu'aujourd'hui, au contraire, les constructeurs et tous les acteurs de la chaîne et de la filière ont des certitudes quant à la réussite de tels projets et de son efficacité, ça fait partie des choses qui ont été partagées avec le public.

Enfin, un gros morceau qui sera exploité notamment aujourd'hui dans le 2e temps d'atelier qui est plus à proprement parler sur l'enjeu économique, c'est de questionner le rapport coût/bénéfice bien sûr de l'éolien flottant, notamment beaucoup de personnes s'interrogent quant à la rentabilité en fait de l'éolien flottant en tant que tel et puis par rapport à d'autres énergies, bien sûr avec lesquelles il pourrait être comparé. La rentabilité, ça pose bien entendu la question du prix, à la fois le prix pour le consommateur et puis pour le contribuable plus globalement, puisque les gens s'interrogent

aussi quant au système de subventionnement qui serait mis en place justement pour porter cette technologie et cette filière.

Je n'ai pas repris tels quels les verbatims qui s'affichent à l'écran, mais qui, vous le verrez, recroisent globalement ce que je viens de vous présenter, qui sont les grands points. Il y en aurait d'autres, mais là les principaux, on va dire qu'on a pu partager tout l'été déjà sur les stands du débat-mobile et qu'on est heureux aujourd'hui de pouvoir traiter dans le cadre de cet atelier. J'en viendrai – on peut passer à la salade suivante – à l'ordre du jour, justement qu'on va respecter, de manière assez basique, on va fonctionner en deux grands temps qui permettront de traiter quand même deux dimensions de notre thème du jour qui sont un peu différentes.

Sur le temps 1, on va vraiment s'intéresser à l'objet, à la technologie de l'éolien flottant, voir un petit peu d'où elle tire sa profondeur historique, comment est-ce que justement il y a eu des projets passés d'éolien terrestre et d'éolien en mer qui ont pu inspirer en partie l'éolien flottant et puis des projets d'éolien flottant aussi maintenant qui commencent à sortir de mer, même s'ils sont encore peu nombreux. Donc c'est une technologie à la fois nouvelle, mais qui a une ancienneté et que l'on va donc questionner avec à la fois une intervention plutôt généraliste pour commencer du Syndicat des énergies renouvelables et puis après des questions plus pointues que nous poserons aux différents porteurs de projets de ferme pilote qui sont en voie de développement aujourd'hui en mer Méditerranée. Vous voyez leur nom s'afficher à l'écran, j'aurais l'occasion de les présenter plus spécifiquement un par un sur le temps d'échange.

Et puis Yannick BOCQUENET pour RTE, je vous rappelle que RTE est co-maître d'ouvrage du projet qui est soumis au débat public, du projet EOS et donc Yannick BOCQUENET fera aussi une intervention pour éclairer spécifiquement les enjeux liés au raccordement électrique des éoliennes. Ça, ça sera dans un premier temps important. On prendra à chaque fois, s'il vous plaît, pas plus de cinq minutes pour pouvoir faire les exposés et à chaque fois l'idée de pouvoir avoir dix minutes d'échanges avec le public pour qu'on respecte bien ce principe d'un temps de parole important pour les participants. Aussi, ça permettra aux intervenants d'avoir un confort pour répondre correctement.

Dans un 2e temps, on va vraiment interroger la politique industrielle, savoir quels sont les acteurs aujourd'hui (puisque c'est difficile déjà, je pense, pour le public profane de s'y repérer) et le modèle économique aussi de cet éolien flottant en France et là, nous aurons trois interventions différentes : une intervention là aussi plutôt spectre large de France Énergie Éolienne qui permettra de présenter globalement la filière et ses acteurs. Ensuite, le pôle Mer Méditerranée fera un focus plutôt sur les filières au niveau régional, en tout cas, ce qui pourrait en être de ces filières régionales dont on a pu entendre parler et puis la CRE, la Commission de Régulation de l'Énergie, ensuite interviendra sur la question du coût de l'éolien avec ensuite un éclairage à l'international qui sera en écho à cette présentation et qui permettra de tirer quelques enseignements et perspectives d'une ferme éolienne justement offshore déjà en activité qui est celle Écossaise de Hywind.

Deux heures et demie devant nous, maintenant un peu moins, 2h15, pour pouvoir tenir ce programme. Je rappelle ce qui a déjà été dit, mais on vous remercie de bien vouloir éteindre vos micros. Pour prendre la parole, vous exprimer, merci soit de demander justement la parole en demandant à réagir en levant la main, soit directement en posant vos questions ou même en mettant directement vos remarques dans le fil de discussion. On les prend en compte et nous les intégrerons à la synthèse que nous ferons à la fin. Voilà pour l'ordre du jour, s'il vous convient.

Je vous propose tout de suite qu'on puisse partir sur ce temps 1. La technologie de l'éolien flottant nouvelle ou ancienne, c'est ainsi que nous l'avons intitulé et je vous propose tout de suite que nous laissions la parole à un premier intervenant, intervenante en l'occurrence, et je laisse donc la parole à Anne GEORGELIN qui est responsable de filière énergie marine électricité au Syndicat des énergies renouvelables et hydroélectricité pour une intervention relativement large qui permettra pour autant de poser le cadre l'éolien flottant dans le monde aujourd'hui, où en est-on, s'il vous plaît ?

... **M<sup>me</sup> Anne GEORGELIN**, Syndicat des énergies renouvelables et hydroélectricité

Bonjour à tous, et merci de me laisser la parole pour cette première intervention. Je vais vous dresser un panorama de l'éolien en mer dans le monde et en particulier l'éolien en mer flottant. Donc on peut passer à la première slide. En termes de panorama, à quoi ressemble le marché et la filière de l'éolien en mer aujourd'hui dans le monde ? Tout d'abord, il faut savoir que c'est une technologie qui a maintenant 30 ans, puisque les premières éoliennes en mer ont été installées en 1991 au large du Danemark. À cette époque, il y avait une dizaine d'éoliennes en mer qui avait été installée pour des puissances qui paraissent aujourd'hui très petites par rapport aux éoliennes dont il est question en ce moment, puisque c'est une autre caractéristique du marché de l'éolien en mer et de la technologie, c'est que depuis 1991, elle a beaucoup évolué.

Elle a beaucoup évolué principalement en Europe où est concentré encore aujourd'hui le marché de l'éolien en mer à peu près aux trois quarts. Et puis elle a été en forte croissance également, puisqu'on compte aujourd'hui environ 30 GW d'éolien en mer installés à l'échelle mondiale, voire même un petit peu plus, puisque c'étaient les chiffres à fin 2020. À l'échelle européenne, 25 GW également à la fin de 2020, ce qui représente 5 400 éoliennes installées aujourd'hui et connectées au réseau, donc en fonctionnement, principalement situées au nord de l'Europe au niveau des mers du Nord et autour du Royaume-Uni, comme vous pouvez le voir sur la petite carte en bas à gauche. Donc, un marché relativement ancien, en tout cas qui a maintenant trente ans, qui est en forte croissance, concentrée en Europe, mais avec un développement également en Asie et plus largement aux États-Unis ou sur le continent américain et quand on regarde cette image, toutes ces éoliennes, notamment les 5 400 dans leur quasi-totalité sont basées sur des fondations posées. Ce développement a permis de valider et d'éprouver la technologie de l'éolien en mer et de confirmer son intérêt, notamment économique, puisque la compétitivité de la technologie s'est largement améliorée ces dernières années pour en faire une source d'énergie aujourd'hui très compétitive.

Pourtant, quand on regarde le potentiel où on pourrait exploiter les vents grâce à la technologie éolien en mer, on se rend compte qu'en fait une grande partie du potentiel en termes de vent qui est intéressant est situé dans des zones qui sont trop profondes pour installer des éoliennes en mer posées à des profondeurs de l'ordre de plus de 60 m, ce qui d'un point de vue technique et économique n'est plus tout à fait pertinent pour la technologie de l'éolien en mer posé. Cela, on s'en est rendu compte il y a quelques années et d'un point de vue technique, est venue l'idée de transposer une technologie qui existait déjà pour le line gas sur des plateformes par exemple gazières et pétrolières qui elles exploitaient des gisements à plus de 60 m de profondeur et de transposer cette technologie pour

installer des éoliennes dans des zones plus profondes et donc d'exploiter plus de gisements de vents et c'est vraiment significatif. C'est ce qu'on voit sur la carte située à droite sur la slide, tout ce qui est globalement en vert représente un potentiel situé à des profondeurs trop importantes pour l'éolien en mer posé, mais qui pourrait être exploité face à la technologie de l'éolien flottant.

Donc c'est comme ça qu'est venu la genèse de travail sur les fondations flottantes et en passant à la slide suivante, je vais vous montrer les quelques projets qui ont été, qui ont résulté de ces innovations technologiques. Sur cette progression en termes d'innovation technologique, on compte trois étapes globalement. La première, c'est la réalisation d'un démonstrateur, donc généralement une machine pour valider le concept et la technologie, puis la phase de ferme pilote qui vise à faire fonctionner de 3, 4 voire 5 machines en même temps en conditions techniques et économiques réelles, et puis ensuite, ce qu'on appelle la phase commerciale qui, elle, concerne de plus grands projets qui visent clairement à produire de l'électricité au meilleur coût et de la manière la plus efficace possible.

Donc la phase de démonstration est aujourd'hui quasiment achevée, en tout cas on a vu un certain nombre de projets se réaliser, voir même être démantelés, un certain nombre de démonstrateurs subsiste aujourd'hui dans le monde, par exemple le démonstrateur Floatgen qui est situé au large du Croisic en France ou le démonstrateur de Sakiyama au Japon, donc plutôt sur des puissances de 2 MW. Et puis on voit que la phase de fermes pilotes est aujourd'hui en cours, c'est très concret avec des projets surtout situés en Europe, en tout cas en grande partie au large de l'Écosse par exemple, ou ici, au large du Portugal. Le dernier projet d'installation de ferme pilote, c'est le projet de Kingcardine qui a été installé la semaine dernière en Écosse et qui représente 50 MW répartis sur cinq machines. Donc, c'est tout récent et elle devrait bientôt être connectée au réseau.

On compte aujourd'hui dans le monde une quinzaine de projets de démonstrateurs et fermes pilotes, dont une grande partie en Europe à peu près à plus de 80 % aujourd'hui. Voilà l'image de ce qui fonctionne actuellement, ce qu'on ne voit pas sur cette slide, mais ce qu'on voit sur la suivante, c'est finalement tout ce qui est en préparation, le nombre de projets, et c'est en nombre important, élevé, le reflet d'un marché assez dynamique, puisque logiquement, la technologie évolue et les étapes s'enchaînent au fur et à mesure, une fois que la démonstration est passée, on passe aux fermes pilotes et la suite logique des fermes pilotes, c'est le développement sur une technologie commerciale et des projets commerciaux.

Sur les points bleus que vous voyez et qui commencent à apparaître un peu plus nettement en Europe, mais aussi en Asie et aux États-Unis, il y a de nouvelles fermes pilotes en construction et en projection, par exemple les fermes pilotes au large des côtes françaises, que ce soit en Bretagne ou en Méditerranée, mais également un certain nombre de volumes de projets commerciaux qui ont pu être annoncés par les États ou par les acteurs. C'est un nombre de projets important qu'il est néanmoins difficile de quantifier, puisque tous les États ne raisonnent pas de la même façon et tous les volumes annoncés n'ont pas tout à fait le même degré de certitude. Quand on est sur des projets autorisés, mais pas construits ou pas encore en fonctionnement, ce sont des mégawatts qui sont quasiment certains d'être installés, et puis il y a d'autres volumes qui ont été annoncés par exemple par un certain nombre d'États dans leur plan pour la transition énergétique à dix ans et ces volumes-là restent encore à concrétiser en passant un certain nombre d'étapes, comme celle des débats publics que l'on vit actuellement en France, mais qui sont également en cours dans d'autres pays.

Ce marché est en croissance, il reflète le très fort potentiel de développement de l'éolien en mer flottant à l'échelle mondiale, ce qui justifie l'intérêt d'un certain nombre d'entreprises pour ce marché, puisque sur la base des premières expériences de démonstrateurs et fermes pilotes, ce sont des compétences et des marchés nouveaux qui vont voir le jour avec le passage à la phase commerciale qui s'esquisse, qui s'esquisse en France avec le débat que l'on vit aujourd'hui, qui s'esquisse en Asie, sachant qu'au Japon ou en Corée du Sud, les gouvernements ont annoncé le lancement de nouveaux projets à hauteur de plusieurs centaines de mégawatts pour le développement de l'éolien en mer flottant. Il en va de même aux États-Unis, en Californie par exemple, mais également plus proche de nous en Écosse où le dernier appel d'offres lancé intégrait la possibilité de proposer des projets éoliens flottants, et un certain nombre d'industriels est en train d'y répondre.

Voilà pour ce panorama très global et je suis à disposition, si vous avez des questions.

... **M. Mathias BOURISSOUX**, Membre de la CPDP

Merci beaucoup. Est-ce qu'il y aurait quelques questions ? Il y a déjà quelques réactions, réactions sur des points d'ailleurs assez techniques qui ne sont pas toujours en lien direct avec la présentation qui vient d'être réalisée et que je propose de garder en tête pour le temps suivant, puisque nous aurons l'occasion d'aborder notamment les aspects liés au fouling, puisqu'il y a déjà deux questions qui s'y rapportent. Je ne les oublie pas, mais je les garde en tête. Est-ce que par rapport à cette présentation sous forme de panorama un petit peu de l'évolution des projets dans le monde et de leur actualité, vous auriez aujourd'hui là, maintenant, des questions ? Si vous en avez, n'hésitez pas à demander la parole ou vous exprimez sur le tchat, nous avons quelques minutes à y consacrer avant de passer au 2e temps. Merci beaucoup en tout cas pour cette présentation que j'ai trouvée très claire et respectueuse aussi du temps imparti, ce qui est toujours difficile.

... **M<sup>me</sup> Anne GEORGELIN**, Syndicat des énergies renouvelables et hydroélectricité

Juste peut-être sur la question qui concernait, la question entre gigawatt crête et gigawatt heure.

... **M. Mathias BOURISSOUX**, Membre de la CPDP

Oui, tout à fait, merci.

... **M<sup>me</sup> Anne GEORGELIN**, Syndicat des énergies renouvelables et hydroélectricité

C'est vrai que c'est une question importante, généralement, sur l'éolien en mer, on ne parle pas en gigawatt crête, comme on peut en parler sur le solaire des kilowatts crêtes, on parle en gigawatt. Ce qui est intéressant, c'est de voir ensuite ce qu'on appelle le facteur de charge qui sera peut-être évoqué par d'autres intervenants par la suite, ce qui correspond en fait à l'équivalent, au ratio entre la production réelle du parc au vu des conditions météo de l'année par rapport à la production théorique du parc si

les éoliennes produisaient en permanence à leur pleine puissance. Ce facteur de charge est différent pour toutes les énergies. Aucune, qu'elles soient renouvelables ou fossiles n'atteint globalement 100 %. Pour autant ce que l'on voit, et c'est l'un des intérêts de l'éolien en mer en général et de l'éolien en mer flottant en particulier, c'est qu'en captant des vents plus forts dans des zones souvent plus profondes, on améliore ce facteur de charge et les retours d'expérience des fermes pilotes sont très intéressants sur ce point, notamment si on prend le projet Hywind dont on parlera, il me semble, à la fin de la réunion, le facteur de charge sur les deux dernières années s'établit au-delà de 50 % et ça, c'est un facteur de charge très élevé pour une technologie en tant que telle et l'une des plus élevés parmi les technologies d'énergies renouvelables aujourd'hui.

Donc, augmenter le facteur de charge et donc, la productivité en tant que telle des machines, c'est vraiment un enjeu important pour notre système électrique, pour assurer notre production renouvelable et aussi pour la compétitivité des installations. Donc ça, on le fait par deux manières, il y a une évolution technologique des machines qui permet sans cesse d'améliorer le facteur de charge et puis aussi le choix des sites, choisir les sites les mieux ventés ou avec les vents les plus forts et les plus constants, c'est aussi une mesure pour améliorer ce facteur.

### ... **M. Mathias BOURISSOUX**, Membre de la CPDP

Merci pour ces précisions. La question des facteurs de charge revient souvent et je vous invite à regarder aussi sur le site du débat les échanges qui sont notamment reportés sur le système questions-réponses, puisque plusieurs questions ont été posées à ce sujet et plusieurs réponses ont été apportées par la maîtrise d'ouvrage. Elles précisent notamment un certain nombre de points que vient d'aborder Anne GEORGELIN, ça vous permettra avec le temps de la lecture peut-être d'y consacrer plus de temps et pour la compréhension publique, je pense que c'est important de pouvoir se référer, donc allez voir le système questions-réponses en ligne qui reparle de ces enjeux de calcul selon le facteur de charge. Avant de laisser la parole à Monsieur HOOLANS dans un premier temps puis Monsieur DARQUIN, je reviens sur deux ou trois questions qui sont partagées sur le fil de discussion. Les gens se demandent finalement où sont les projets français et surtout constatent que pour l'instant rien n'est encore sorti de mer, on est bien sur des projets à concrétiser, des problèmes d'avenir, mais rien qui soit pour l'instant matérialisé.

### ... **M<sup>me</sup> Anne GEORGELIN**, Syndicat des énergies renouvelables et hydroélectricité

Pas tout à fait, oui et non, aujourd'hui, on n'a pas rien, des installations d'éoliennes flottantes, on en a, c'était l'objet de la 2e slide et ma première carte qui montrait 83 MW éoliennes en mer flottantes en service, dont 2 MW en France et le reste donc plutôt en Europe et un petit peu en Asie. Donc on ne peut pas dire qu'il n'y a que des projets, il y a aussi des installations. Par contre, pour les parcs français, aujourd'hui, il ne se retrouvait pas dans cette carte des installations en service, puisque les fermes pilotes, qu'elles soient en Méditerranée ou en Bretagne sont autorisées, mais elles ne sont pas construites et donc elles se retrouvent dans le volume de la dernière slide qui est des projets à

venir et qui d'ici un ou deux ans auront la chance peut-être d'intégrer la carte des installations en fonctionnement.

... **M. Mathias BOURISSOUX**, Membre de la CPDP

On voit qu'il y a parfois une confusion chez les publics et c'est bien normal entre ces projets de fermes pilotes qui ont vocation avec des démonstrateurs et puis les projets commerciaux comme peut l'être le projet afférent au débat EOS sur lequel aujourd'hui nous discutons. Nous reviendrons bien sûr sur la distinction entre les deux et sur ce que c'est que ces projets de fermes pilotes dont on parle beaucoup, précisément dans le temps qui suit avec les porteurs de projets de ces fermes pilotes méditerranéennes. Je pense qu'ils seront les plus à même justement de nous éclairer sur la distinction à faire entre les différents projets éoliens. Je cède la parole à Monsieur HOOLANS, pour commencer puis à Monsieur DARQUIN ensuite pour qu'il puisse intervenir tel qu'il le souhaitait.

... **M. Thierry HOOLANS**, ADN Passpartou

Bonjour, vous m'entendez ?

... **M. Mathias BOURISSOUX**, Membre de la CPDP

Très bien.

... **M. Thierry HOOLANS**, ADN Passpartou

Je voudrais savoir parmi les éoliennes offshores, donc flottantes, qui sont installées dans le monde jusqu'à quelle profondeur les techniciens peuvent les ancrer, donc à quelle profondeur sont-elles et depuis combien de temps ces expériences ont eu lieu, ces installations définitives ont lieu. Est-ce que les techniciens pensent avoir une limite sur la profondeur, quelle est la limite sur la profondeur du fond sur lequel elles seront ancrées ? Je ne sais pas si vous pouvez me répondre.

... **M<sup>me</sup> Anne GEORGELIN**, Syndicat des énergies renouvelables et hydroélectricité

Il me semble que ça fait partie des présentations qui vont suivre, donc peut-être qu'on peut les laisser aux intervenants suivants, s'ils n'ont pas déjà prévu d'évoquer ce point.

... **M. Mathias BOURISSOUX**, Membre de la CPDP

Je suggère, oui, que l'on fasse comme ça et qu'on le note comme points à aborder lorsqu'on aborde le sujet des fermes pilotes, si vous le voulez bien.

... **M. Thierry HOOLANS**, ADN Passpartou

Très bien, merci.

... **M. Étienne BALLAN**, Président de la CPDP

Monsieur DARQUIN, peut-être une intervention avant justement qu'on bascule.

... **M. Alexis DARQUIN**, Oceole Equinor

Oui, bonjour, donc Monsieur DARQUIN, Oceole Equinor pour la France. Je voulais juste faire un retour d'expérience sur les commentaires d'Anne. Effectivement, la présentation a été très bien sur l'évolution de ce qu'ont été les fermes pilotes offshore par rapport aux facteurs de charge et en référence avec les questions du public qui est : est-ce bien nécessaire ? Et le fait qu'on confirme effectivement que sur la ferme de Hywind Scotland, on a des facteurs de charge qui sont plus importants que sur le reste des fermes opérationnelles en ce moment en Angleterre et ça fait donc trois années de suite qu'on a des facteurs de charges qui sont plus importants que 55 %, ce qui représente une performance de plus de 30 % par rapport à la moyenne des fermes anglaises. D'où l'intérêt du flottant comme il a été décrit dans la présentation avec le fait de chercher des vents au large qui soient plus forts et plus constants. Voilà, je pourrais revenir sur les questions de profondeur aussi, la ferme de Hywind est à une profondeur d'une centaine de mètres en termes de profondeur d'eau, donc similaires aux sites qui sont regardés – je dirais – pour la France. La ferme qu'on est en train de monter en Norvège aujourd'hui, on a une profondeur de 250 m et on ne voit pas vraiment de limites, on a une limite économique aujourd'hui qui est de l'ordre du kilomètre de profondeur d'eau, mais il y a beaucoup de zones à exploiter d'ici là, comme le mentionnait Anne. Merci.

... **M. Mathias BOURISSOUX**, Membre de la CPDP

Merci pour ces précisions. Merci, Anne GEORGELIN, pour votre intervention, je vous propose maintenant qu'on puisse justement poser quelques questions au porteur des projets des fermes pilotes, puisque ce sont des projets qui sont des démonstrateurs et qui sont des plus avancés aujourd'hui pour voir le jour d'ici peu en Méditerranée.

Nous avons avec nous trois représentants de ces projets qui sont au nombre de trois en Méditerranée, il y a Olivier GUIRAUD qui est DG de Gair marine EolMed qui est au large d'Ouessant, il y a Philippe VEYAN qui est directeur de projet chez EDF Renouvelables qui intervient sur le projet de Provence Grand Large dans le golfe de Fos et puis, pour EFGL c'est-à-dire éoliennes flottantes au golfe du Lion au large de Leucate, nous avons Seif El MISTIKAWI qui est directeur technique de projet. Nous avons demandé à ces trois personnes de ne pas faire une présentation qui porte sur leur projet de fermes pilotes en tant que telles. L'idée n'est pas de les passer en revue, mais bien de poser un certain nombre de questions génériques sur ces différents démonstrateurs éoliens flottants pour voir quels sont les enjeux importants auxquels ils sont confrontés, qu'il s'agisse des uns ou des autres, pour qu'ils puissent porter d'une voix commune un certain nombre d'enseignements, sans qu'on soit dans des présentations sous forme de long tunnel des différents projets pilotes que je pourrais de toute façon entendre par ailleurs ou même découvrir sur Internet assez facilement.

Donc je les ai présentés pas nécessairement dans l'ordre d'ailleurs des présentations puisque je vais avoir une première question pour Monsieur VEYAN, directeur du projet Provence Grand Large, EDF Renouvelables : est-ce que vous pourriez nous expliquer dans un premier temps pourquoi finalement une partie de la technologie de l'éolienne flottante pour ce qui est des pales, du mât est, pour le coup, la même peu ou prou que pour l'éolien terrestre ? Est-ce que l'éolien flottant n'est pas quand même l'occasion d'innover et pourquoi est-ce que finalement, on innove moins sur cette partie éolienne des pales ? Vous avez un certain nombre de retours d'expérience notamment, je crois, qui vous permettent d'éclairer le public sur cette dimension. Je vous laisse la parole, merci.

### ... M. Philippe VEYAN, EDF énergies renouvelables

Bonsoir à toutes et à tous, et merci à la commission, l'équipe du débat de nous avoir invités sur en particulier ce sujet qu'on trouve absolument pertinent. Je voudrais préciser tout de suite que je ne suis pas directeur de projet sur le projet Provence grand large, je suis modestement responsable des autorisations et de l'action territoriale pour EDF Renouvelables sur des projets éoliens en mer en France. Mais ma collègue Christine DEJOUETTE, qui est directrice de projet et ici présente, pourra m'aider, le cas échéant, à répondre sur tel ou tel point, étant elle-même une grande spécialiste de la technologie des éoliens offshore.

Si on voit la présentation que nous avons préparée, on va commencer par l'histoire de Provence Grand Large qui a démarré avec justement une éolienne non conventionnelle qui correspond à la photo que vous avez sous les yeux et qui montre qu'effectivement, il n'y avait à l'origine absolument rien d'évident à ce que les éoliennes flottantes soient stricto sensu les mêmes que les éoliennes fixes, qu'elles soient d'ailleurs terrestres ou maritimes. En fait, les éléments que vous avez à l'écran, c'est une très vieille présentation que je suis allé rechercher pour préparer mon intervention de ce soir. Elle date de 2011 et en fait, elle correspond un peu à la doc de l'équipe qui avait développé cette technologie d'éoliennes qu'on appelle axe vertical, utilisé pour convaincre du bien-fondé de son projet.

Vous voyez, c'est un design très, très innovant qui était en plus doté, en tout cas sur le papier, au moins de plein d'avantages techniques en particulier. Je vous laisse lire, ce n'est pas la peine de les passer tous en revue, mais évidemment on voit notamment que certaines machines avaient tendance de permettre d'abaisser le centre de gravité, et donc de réduire évidemment la taille du flotteur qui était nécessaire pour la maintenir verticale au large. Mais le fait est que cette technologie n'a pas été en mesure de passer le cap de prototype terrestre qui a été construit dans un premier temps à terre, à Fos-sur-Mer. Pour tout un tas de raisons sur lesquelles je ne reviendrai pas forcément, sachant que ce que je voudrais quand même dire, c'est qu'il y avait derrière ce projet une équipe absolument formidable, des gens à la fois compétents et courageux, mais dont les efforts n'ont pas malheureusement été couronnés de succès, ce qui d'ailleurs est à l'image de ces développements dans les renouvelables. Il y a beaucoup d'innovations, il y en a certaines qui percent et d'autres qui malheureusement n'ont jamais vu le jour.

Je veux dire d'abord que sur les fondamentaux qui ont poussé Nénuphar à se lancer dans ces développements, ces fondamentaux demeurent. Ils demeurent, mais force est de constater en tout cas en ce qui nous concerne quand, en 2015, on a lancé un appel d'offres pour trouver une technologie d'éoliennes, c'était un appel d'offres qui était complètement neutre du point de vue du design, donc

de la forme, de la technologie ; on a lancé un appel d'offres pour trouver une éolienne flottante. Finalement, ce que les fabricants ont proposé correspondait en fait au design classique : trois pales, axe horizontal que vous avez sur la droite de l'écran et qui est globalement le design qui existe aujourd'hui sur tous les projets éoliens en mer, quels qu'ils soient flottants ou non. Donc en fait, on a juste constaté que malgré les bonnes idées et l'intérêt théorique en tout cas de cette technologie de rupture, le marché a fait le choix de s'en tenir à des conceptions classiques : tripale, axe horizontal.

Il faut préciser que ce ne sont pas des choix qui dépendent de nous tous autant que nous sommes au niveau des projets pilotes, on est des porteurs de projets, on n'est pas des prescripteurs ni des fabricants de turbines éoliennes. Il faut aussi signaler qu'il y a relativement peu de fabricants d'éoliennes offshore dans le monde capables en tout cas de développer, de produire ce type de machine. Donc en fait, ce qu'il faut quand même constater, c'est que quand on regarde cette technologie d'éoliennes tripales, axe horizontal, c'est vraiment intrinsèquement les mêmes machines que celles que l'on trouve sur les parcs éoliens posés. À deux nuances près : c'est la conception de la tour, mais qui de toute façon diffère, les tours sont de toute façon différentes d'un site à l'autre. C'est-à-dire que même sur deux éoliennes posées sur des sites différents, les tours vont être différentes simplement parce que les conditions de fonctionnement sont spécifiques au site et qu'en fonction des vitesses de vent, du courant marin, de la houle qui est enregistrée, enfin, tout un tas de paramètres, les fabricants de tours d'éoliennes vont concevoir les tours qui sont spécifiques au site. Il y a également une différence, c'est ce qu'on appelle le contrôleur, en fait tout le système de contrôle de commande de la machine qui, lui aussi, – c'est du logiciel – va être réglé d'une manière spécifique, en l'occurrence en fonction des besoins de la technologie flottante. Mais extérieurement en tout cas et dans les grandes lignes, la conception et la technologie sont les mêmes que sur l'éolienne posée.

Pour terminer, si je ne suis pas trop en retard pour le temps, on passe à une dernière diapositive qui finalement met en évidence, c'est un avantage, le fait que l'on ait une technologie identique à l'éolien fixe, parce qu'en fait, ma collègue Anne GEORGELIN le disait, il y a 5 400 éoliennes en mer qui fonctionnent, ne serait-ce qu'en Europe, depuis, pour certaines, de très nombreuses années. Les premières ont été installées il y a plus de vingt ans. Donc on bénéficie dans l'éolien flottant de tout ce retour d'expérience, ce capital technique industriel. Et pour donner un peu de perspective, oui, il y a des pistes d'évolution, des pistes d'amélioration, ce sont quand même les premiers retours d'expérience dans l'éolien flottant puisque les projets ont démarré il y a une dizaine d'années.

Le premier retour d'expérience qu'on adresse aux turbiniers, c'est quand même de pouvoir s'adapter aux spécificités du flottant. Il y a par exemple un point qui reste assez délicat, c'est la phase qui consiste à mettre la nacelle au sommet de la tour, une nacelle, c'est un engin qui pèse quand même plus d'une centaine de tonnes au sommet d'une tour qui fait environ 100 m d'altitude et on va faire ça à bord, à quai sur un flotteur qui par définition est un engin mobile. C'est une opération qui est très délicate et des discussions sont engagées pour faire évoluer à la fois le design de la tour, celui de la nacelle et du rotor pour pouvoir faciliter la tâche et notamment augmenter les périodes pendant lesquelles la météo est suffisamment favorable pour pouvoir mener à bien ces opérations de levage un peu critique. Ça, c'est un exemple du type d'évolution que l'on entrevoit. Il y a d'ailleurs les mêmes discussions pour les procédures d'installation en mer avec les concepteurs de flotteurs ou les fournisseurs de câbles dynamiques, mais là, je déborde un peu sur les présentations qui vont suivre, puisque je pense qu'il y a un sujet qui est spécifique à cet aspect. Voilà, j'en ai terminé pour ma présentation, je vous remercie

pour votre attention et puis j'essaierai de répondre aux questions, si je suis en mesure de le faire. En tout cas, ce sera très volontiers.

### ... M. Mathias BOURISSOUX, Membre de la CPDP

Merci beaucoup, Monsieur VEYAN. Comme nous avons un peu de temps à rattraper par rapport au déroulé initial et qu'a priori, il n'y a pas de demande de prise de parole spécifique ou de questionnement, je vous propose de réfléchir, public, à l'intervention que vient de faire monsieur VEYAN et si vous avez des questions, vous pourrez les poser par la suite. Auquel cas, ça me permet de laisser la parole cette fois-ci à Olivier GUIRAUD qui est, si je ne me trompe pas cette fois-ci directeur général, j'espère, de Qair Marine pour qu'on s'intéresse à une partie basse, celle des flotteurs.

Si on regarde les différents projets de fermes éoliennes pilotes, on voit que la qualité de ces projets démonstrateurs, c'est notamment de tester des types de flotteurs qui sont tout à fait différents. Quels sont les paramètres finalement de choix des flotteurs ? Pourquoi c'est un enjeu assez stratégique justement de travailler sur ces flotteurs ? Et en même temps, est-ce que les choix aujourd'hui réalisés sur les fermes pilotes préfigurent l'avenir ? Ou est-ce qu'on peut s'attendre à des choses complètement différentes d'ici dix ou quinze ans, à l'échéance de projets concrets, puisque ce sont ceux dont on parle aujourd'hui, finalement. Je vous laisse cinq minutes, si vous le voulez bien ?

### ... M. Olivier GUIRAUD, Directeur général de Qair Marine

C'est parfait, bonjour à tous. Merci à la commission de nous avoir invités à discuter de ces sujets qui nous amènent à faire un peu l'historique, comme vient de le faire Philippe sur la partie éolienne et moi maintenant finalement, sur la partie de l'appel à projets éolien flottant de l'ADEME. Il faut avoir en tête ce qui nous a été demandé en fait au moment où on a répondu en 2015 à ces appels à projets ; il y avait d'un côté quelques principes d'appel d'offres et des objectifs. Le principe, c'était qu'il y avait quatre zones propices qui avaient été définies par le gouvernement à l'issue de concertation de façade et, sur ces quatre zones, on nous a demandé de proposer des projets de trois à six éoliennes d'une puissance unitaire mini de 5 MW. Elles devaient être connectées au réseau public de transport de l'électricité. Le fait de nous avoir orientés vers un minimum de 5 MW unitaires, de facto, ça a coupé un petit peu les éoliennes qui étaient – on va dire – une puissance inférieure, notamment Nénuphar qui n'était pas arrivé à ce moment-là à développer une unité de 5 MW. Donc de facto, ça nous tournait plutôt vers les fabricants qui avaient déjà développé des éoliennes multi mégawatts et dont certaines de 5 mégas, 6 mégas, 8 mégas, voire jusqu'à 10 mégas avaient déjà installé un certain nombre de machines sur de l'éolien offshore posé.

Ensuite, on nous a demandé dans le cahier des charges de bien vouloir présenter un ensemble technologique alliant éoliennes plus flotteurs plus le système d'ancrage, plus le câble qui relie les éoliennes entre-elles. Ceci associé à un plan industriel ayant un objectif clair qui était de permettre de faire émerger un champion français du secteur capable également d'exporter. Ensuite, des projets ayant une durée de démonstration finalement proche de ce que pouvait être la réalité demain, c'est-à-dire sur un temps de quinze à vingt ans, donc avec un prisme où on inscrit le choix technologique

dans une durée finalement assez longue. Il va falloir que l'ensemble de cet éolien : flotteur, ancrage, câble tienne maintenant pendant vingt ans avec un plan économique qui fonctionne.

Les objectifs de développement et de recherche de retour d'expérience étaient ceux que vous avez sur la droite de l'écran, c'est-à-dire valider les performances et la fiabilité de l'ensemble des technologies, développer, valider les systèmes de contrôle et commandes des éoliennes. Philippe en a parlé tout à l'heure, puisque quand vous êtes sur un objet qui est flottant, l'éolienne va bouger, elle va prendre un petit peu d'angle, donc il y a tout un pilotage de l'orientation des pales des éoliennes qui doit se mettre en œuvre et typiquement, qui est spécifique au flottant. Ensuite, il s'agissait et ça, on est en plein dans le sujet, d'apporter un retour d'expérience sur les impacts sur les autres activités sur les environnements. D'ailleurs, sur la partie étude d'impact, tous nos projets ont été assez exemplaires dans la partie étude d'impact, on a été au-delà de ce qui pouvait être demandé classiquement sur des projets où on a déjà des retours d'expérience. On a fait de grosses, grosses études. Lever les risques inhérents au site, évidemment, c'est-à-dire tout ce qui est lié aux conditions de mer et surtout au sol, au fond marin et au sous-sol et enfin, le but ultime : permettre aux différents acteurs économiques d'acquérir de l'expérience qui servira à consolider ensuite le modèle économique et l'élaboration d'offres commerciales. En clair, c'est réussir à faire tourner une éolienne sur un flotteur qui produise de l'électricité comme si c'était une éolienne industrielle déjà éprouvée et qui puisse permettre d'avoir un modèle économique demain qui fonctionne. Voilà ce qui nous était demandé.

Donc, sur la partie flotteur, comment on a fait nos choix ? Là, vous avez vu le cahier des charges et donc, quand on parle de modèle économique, ça veut dire que, en tout cas nous concernant, on est dans la réalité du financement de ce type de projet, c'est-à-dire avec, à moment donné, un actionnaire qui va mettre l'essentiel de l'argent et puis des banques qui vont venir prêter ce qui reste en fonction des retours d'investissement, enfin, des retours financiers produits par la ferme pilote. Donc là, tout le jeu est d'essayer de faire un mariage éolienne-flotteur qui puisse fonctionner et qui soit le moins risqué possible. On l'a dit tout à l'heure, on était sur des éoliennes qui étaient assez peu risquées, parce que des éoliennes conventionnelles et sur la partie flotteur, à cette époque-là, on avait finalement très, très peu de technologies qui pouvaient prétendre à venir passer ce cap, du prototype pour certaines, vers une ferme pilote. La barge semi-submersible, c'est typiquement ce qui sera installé sur le projet EolMed, chacune de ces technologies peut exister en béton, en acier, ou bien mixte béton plus acier. Nous, sur EolMed, on a bénéficié d'un prototype, on avait un prototype en béton type Floatgen du Croisic, on avait aussi un prototype porté par notre fournisseur de flotteurs, Ideol, qui était sur un prototype au Japon, Hibiki, qui était d'ailleurs installé avec une éolienne bipale. Ensuite, on a le semi sub à colonne, tricolonnes, c'est ce qui sera installé sur le projet EFGL, pareil qui a bénéficié d'un prototype au large du Portugal Windfloat 1.

Un prototype, c'est bien un exemplaire unique qu'on a fait pour tester souvent à une échelle plus réduite que ce qu'on va faire dans les fermes pilotes. Ensuite, vous avez le semi-submersible à ponton et colonne. Ça, c'est le concept qui est prévu d'être mis en œuvre sur le projet Groix – Belle-Île en ferme pilote également. Là, ils n'ont pas eu de prototype, mais ils ont passé toutes les étapes de dérisquage de la technologie pour démontrer à celui qui va l'acheter que ça fonctionne. Ensuite, vous avez les TLP, donc les flotteurs à ancrage tendu. Ça, c'est ce qui va être installé sur le projet de mon ami Philippe, donc Provence Grand Large. Et enfin, les SPAR qui ont bénéficié aussi d'un prototype, donc Hywind Norway pour le premier pilote et Hywind Scotland, dont mes amis d'Equinor vous parleront tout à l'heure.

Évidemment, on avait d'autres concepts qui sont venus dans nos appels d'offres, mais qui ne sont pas allés plus loin encore aujourd'hui, qui ont disparu, mais grosso modo, c'était les quatre ou cinq concepts qu'on avait à notre disposition pour mener la réflexion de : est-ce que ce flotteur convient aux conditions de mer que j'ai à l'endroit où je ferme ma ferme pilote, aux profondeurs, ainsi de suite. Voilà, ce sont tous ces critères qui ont été croisés par les divers porteurs de projets pour arriver à leur sélection.

Depuis, là, on est en 2015 et, depuis 2015, le fait qu'il y ait eu ces fermes pilotes qui ont démarré, il y a des technologies qui ont su démontrer, en tout cas sur le papier, et on l'espère dans quelques mois, amener de manière tout à fait concrète avec ces fermes pilotes qu'elles peuvent être installées avec des éoliennes de 10 mégas (slide suivante). On a tout un tas de porteurs de technologies et on a donc aujourd'hui tout un tas de concepts qui sont arrivés sur le marché dont certains sont en train soit de faire des prototypes, soit pour le faire dans les mois qui viennent et donc ça, ça va être la base de la réflexion pour les futures fermes commerciales. En ferme pilote, il y a au moins trois sur les quatre qui ont des éoliennes de 10 MW, on a déjà des fabricants d'éoliennes qui ont annoncé des éoliennes de 12 MW, un prototype de General Electric qui est en cours de test à Rotterdam, mais on a aussi Siemens qui a annoncé, je crois, une 15 MW est une entreprise chinoise cette semaine ou la semaine dernière qui a annoncé une 16 MW. On va aller vers un grossissement de l'éolienne tout ça pourquoi ? Parce que, quand on va en mer, il ne faut pas y aller pour rien, si on arrive à maximiser le nombre de mégawatts/heure produits par plateformes c'est mieux que si on a beaucoup de mégawatts/heure pour chacune des structures flottantes. Il y a un effet d'économie d'échelle qui est tout à fait important pour nous. Merci à tous.

... **M. Mathias BOURISSOUX**, Membre de la CPDP

Merci beaucoup, pas mal de réactions cette fois-ci dans le public. Premièrement, parce que c'était assez concret et chiffré, il y avait des questions sur la puissance des turbines installées, donc vous avez apporté des éléments de réponse. Aujourd'hui, on est sur des éoliennes qui à chaque fois peuvent développer une puissance de 10 MW, on peut partir sur cet ordre de grandeur là ?

... **M. Olivier GUIRAUD**, Directeur général de Qair Marine

Oui, trois des fermes pilotes aujourd'hui sont prévues avec ce type de turbine. Il me semble que la Siemens sur PGL est de 8 MW.

... **M. Mathias BOURISSOUX**, Membre de la CPDP

Pour faire la transition, avec une question qui viendra après, est-ce que vous pouvez aussi donner des ordres de grandeur pour ce qui est de la superficie finalement de ces éoliennes en mer et de leur hauteur également ? Les bases, en fait, sont quand même conséquentes, on voit à travers des diapositives quand il y a des bateaux à côté quelles sont finalement les échelles de grandeur, mais

peut-être que des chiffres peuvent aussi intéresser le public ? C'est assez dur de prendre conscience de l'importance et de l'ampleur.

... **M. Olivier GUIRAUD**, Directeur général de Qair Marine

Alors, sur ces projets-là, les dimensions peuvent varier d'un projet à l'autre, parce que les solutions technologiques sont différentes. Par exemple, je pense que mon ami Philippe VEYAN avec ses flotteurs à ancrage tendu nous donnera un chiffre plus bas en termes de densité par unité de surface, nous donnera un chiffre plus bas que d'autres technologies qui ont des ancrages qui ne sont pas tendus, qui doivent aller chercher beaucoup plus loin. Ça nécessite d'écartier un petit peu plus les structures. Les hauteurs, idem, elles dépendent des éoliennes qui sont installées. Nous, sur EolMed, une éolienne Vestas de 10 MW qui va culminer en bout de pale à 188 m ; 10 MW, c'est un rotor de 164 m, avec une hauteur de hub à une centaine de mètres. On est quand même dans des objets qui sont certes élancés, qui culminent assez haut. Nous, on a un flotteur qui est assez compact, il peut y avoir des tailles très différentes, il fait 45 m par 45 m sur 17 m de haut, mais on peut avoir des choses très différentes en fonction des technologies de flotteur.

... **M. Mathias BOURISSOUX**, Membre de la CPDP

D'accord, merci. Alors ça fait le lien avec une des questions, elles sont nombreuses à être posées, je ne sais pas si on fera le tour de toutes, mais notamment une qui est importante parce qu'elle traite beaucoup d'enjeux. Elle est posée par Toulouse qui demande : quels sont les rapports hauteur, puissance, prix (installation plus entretien) et pourquoi les faire aussi hautes au risque de les voir de très loin ? Est-il possible de les placer derrière l'horizon pour les rendre invisibles de la côte ? Et je prends cette question aussi au vol, parce qu'elle réfère à un certain nombre d'impacts notamment visuels et je crois que plusieurs participants s'expriment sur cet impact visuel en le regrettant ou en estimant que les études à ce jour ne sont pas efficaces pour rendre compte de ce que serait justement cet impact visuel des éoliennes, compte tenu de leur importance et de leur hauteur. Si vous avez un mot à dire sur ce sujet, ainsi que vos collègues bien sûr, s'ils veulent prendre la parole à ce moment-là.

... **M. Olivier GUIRAUD**, Directeur général de Qair Marine

Aujourd'hui, dans l'étape dans laquelle on est sur la question des prix, ce n'est pas tellement la hauteur de l'éolienne. Evidemment, il y a un prix à la puissance, donc plus vous avez une éolienne puissante, plus elle va coûter cher, mais là, sur ces projets de fermes pilotes, on est plutôt dans un schéma où l'objet le plus cher finalement, c'est la fondation et le reste. On s'est plutôt concentrés là-dessus pour essayer d'avoir une baisse des coûts sur la partie flotteur. Peut-être que demain avec le volume de ces éoliennes de multi mégawatts qu'on va installer, mais qui sont aussi installées ailleurs sur du posé, on aura forcément une baisse des coûts de la partie éolienne. Mais l'enjeu quand même de ces fermes pilotes, c'est d'identifier où sont les leviers de baisse des coûts sur la partie plutôt flotteur ancrage. Nous en tout cas, c'est là-dessus qu'on travaille. Après, concernant la distance et la hauteur, les mettre derrière la ligne d'horizon, nous, sur EolMed, on est à 18 km déjà, même si l'éolienne est grande, ça reste quand même un objet assez élancé qui, pour la plupart des temps et de visibilité qu'on peut avoir

en mer, on aura bien du mal à les voir et à les distinguer. Évidemment, il y aura des jours parfaitement clairs et où on les verra, il n'y a pas de souci. Je crois savoir que sur notre projet, on a les cinquante premiers mètres en fait qui ne seront pas visibles du fait de la courbure de l'horizon. Si on ne veut pas les voir totalement, il faut vraiment aller très, très loin.

### ... **M. Mathias BOURISSOUX**, Membre de la CPDP

Je rappelle pour ceux que ça intéresse que c'est un sujet bien sûr qui est abordé, notamment dans le dossier du maître d'ouvrage, mais que vous pouvez aussi aller questionner vous-même, la question de l'impact visuel en vous rendant en ligne sur le générateur, justement, d'image virtuelle qui permet de repositionner dans un certain nombre de paysages de la côte méditerranéenne du golfe du Lion les futures éoliennes qui ont été simulées au large de différents points de la côte pour qu'on puisse, à défaut de savoir réellement ce qu'il en est, se rendre compte a priori de leur impact, avec bien sûr toutes les nuances qu'il faut soulever concernant les méthodologies de ce genre de travail, mais qui sont de toute façon rappelées aussi par les personnes qui l'ont réalisé. Je vous invite à vous rendre en ligne sur le site du débat pour aller plus loin et travailler ce sujet.

Deux questions, on n'en fera pas tout le tour encore une fois, malheureusement, mais il y en a qui reviennent beaucoup et qui vraiment portent sur ce sujet des flotteurs. Une première, parce qu'elle était abordée dans les premiers temps de la discussion de tout à l'heure, c'est celle du fouling, comment est-ce qu'on gère aujourd'hui cet enjeu technique, mais aussi bien sûr un enjeu environnemental important ? Où est-ce que vous en êtes de vos réflexions sur les peintures fouling, anti fouling, etc. Deuxième sujet assez concret qui était de savoir, compte tenu justement de la taille de ses flotteurs qu'est-ce qu'il se passe demain s'il y a une tempête, une forte houle, quelles conséquences sur les flotteurs, j'imagine sur leur solidité, sur leur fonctionnement, etc. ? Voilà des questions un peu techniques sur les flotteurs en tant que tels, mais sur deux dimensions encore bien différentes.

### ... **M. Olivier GUIRAUD**, Directeur général de Qair Marine

Oui, sur le fouling, je confirme, les flotteurs seront peints avec le type de revêtement qu'on peut trouver sur les bateaux. Ça veut dire qu'il y aura un entretien, à moment donné, également de ce revêtement pour voir ce qui se pose dessus, ce qui ne s'y pose pas. Nous, en tout cas, on a prévu un suivi assez fin de la bio colonisation qu'on a sur les flotteurs et pour l'instant, on ne s'est pas trop fait de politique là-dessus, on va évidemment revêtir, on va suivre la colonisation et on décidera en fonction du type et du volume de colonisation que l'on a, si on nettoie, si on ne nettoie pas, si on laisse la nature faire. C'est une option sérieuse en tout cas chez nous qu'on est en train d'observer.

L'autre question, c'était sur finalement les cas de dimensionnement de la ferme pilote. C'était un des objectifs du cahier des charges de l'ADEME : lever les risques du site puisque c'est de ça dont on parle. Et donc là, on a pris des cas de dimensionnement au mini, c'est la houle cinquantennale et on a regardé comment on pouvait optimiser notamment la partie ancrage sur des événements, on va dire un petit peu plus hors normes. Évidemment, c'est notre intérêt à ce que les éoliennes sur leurs flotteurs tiennent même un événement qu'on n'aurait pas imaginé. Mais ça, c'est l'école de dimensionnement, c'est-à-dire à moment donné, ça veut dire des chaînes plus grosses, des ancres

plus grosses, un design du flotteur qui est adapté à ce type de contrainte de sites et voilà. Mais là, on est en Méditerranée, on est quand même sur une mer qui est plutôt clémente par rapport à des cas de dimensionnement qu'on pourrait trouver en Atlantique.

... **M. Étienne BALLAN**, Président de la CPDP

Merci pour cette précision, je rappelle Monsieur VEYAN notamment, si vous avez un complément à apporter, un mot à dire, n'hésitez pas à demander la parole, parole qui est demandée par deux intervenants dans le public : M. DARQUIN et Mme DEJOUETTE. Je propose, Monsieur DARQUIN, que vous preniez la parole et ce sera Mme DEJOUETTE ensuite.

... **M. Alexis DARQUIN**, Océole Equinor

Merci, j'essayerai d'être bref. Encore une fois, on veut remercier la CPDP de nous permettre de partager notre retour d'expérience avec le public et leur permettre de poser les questions. Par rapport à ce qui a été énoncé juste avant, je voulais fournir à titre d'exemple le fait que la ferme posée qu'on est en train de construire au large de l'Angleterre en ce moment est à plus de 130 km des côtes, donc on peut effectivement s'éloigner de façon à limiter l'impact visuel. Et, une fois de plus, par rapport à ce que l'on a dit vis-à-vis du flottant, pourquoi le flottant ? Le flottant permet effectivement cet éloignement des côtes, quelles que soient la nature du plateau continental et la profondeur d'eau. Donc je crois que c'est intéressant pour le public.

Par rapport à la taille des turbines qui sont installées au fur et à mesure des projets qu'on a eus et donc, sur les trois projets qu'on a mis en place, on a commencé effectivement avec des turbines qui étaient petites, de l'ordre de 2,5 MW et puis sur Hywind Scotland, on est passé à 6 MW et maintenant, sur Hywind Tampen, on est à presque 9. Les plus grosses, qui sont installées aujourd'hui, sont, je pense, sur Kingcardine, avec juste un peu plus de 9 MW et on voit que les développeurs au fur et à mesure des développements technologiques ont implémenté sur les projets les dernières générations de flotteurs qui étaient disponibles et ça a un impact direct sur les coûts. Je crois qu'on y reviendra ensuite.

Par rapport au fouling, on a maintenant une expérience, puisque la ferme en Écosse a été commissionnée il y a cinq ans presque où on voit effectivement une colonisation des flotteurs avec une colonisation des flotteurs différente en fonction du type de revêtement. Donc c'est quelque chose que l'on suit assez bien et je dirais que ça a un impact positif sur la biodiversité. Quant à l'effet sur le flotteur et la performance de la ferme, on a mentionné les performances avant et en fait on voit donc le flotteur qui devient plus lourd et on ajuste ça simplement avec le ballastage. Donc ça ne pose pas de problème particulier.

Enfin, pour faire écho à la présentation de M. GUIRAUD, je dirais que pour ce qui est des flotteurs, c'est une technologie qui est disponible depuis des décennies qu'on a utilisée dans d'autres domaines des énergies marines, notamment dans l'OLN gaz et effectivement, on dimensionne les flotteurs type semi submersibles pour opérer en temps ou en conditions – on va dire – de typhons. Il y a des expériences sur les démonstrateurs japonais à ce niveau-là. Donc, c'est aussi quelque chose qu'on s'est fait, pas forcément dans l'éolien flottant, mais dans d'autres industries, depuis des années, on a ce savoir-faire.

... **M. Mathias BOURISSOUX**, Membre de la CPDP

D'accord, merci, c'est clair. Je laisse la parole à C. DEJOUETTE.

... **M<sup>me</sup> Christine DEJOUETTE**, Directrice de projet EDF énergies renouvelables

Bonjour, vous m'entendez ?

... **M. Mathias BOURISSOUX**, Membre de la CPDP

Très bien.

... **M<sup>me</sup> Christine DEJOUETTE**, Directrice de projet EDF énergies renouvelables

Je suis Christine DEJOUETTE, je travaille avec Philippe VEYAN sur le projet Provence Grand Large. Il y a beaucoup de choses qui ont été dites, donc je vais essayer de compléter je voudrais juste dire sur le bio fouling, quand on est en phase de conception pour le flotteur, on prend en compte déjà une épaisseur de bio fouling, parce qu'on sait déjà que le bio fouling, ça dépend de la mer dans laquelle on va être à cause de la température, à cause des profondeurs d'eau dans lesquelles on sera. Donc déjà, au niveau de la conception elle-même du flotteur, on prend déjà une certaine épaisseur de bio fouling, parce qu'on sait que c'est la réalité, que ça se passe comme ça et d'ailleurs, c'est une expérience qui est issue de l'industrie pétrolière dans laquelle on répond à des standards et, dans les standards, on nous demande de prendre en compte des épaisseurs de bio fouling.

Ensuite, dans la conception, dans le mode de conception d'un flotteur pour les éoliennes flottantes, on a adapté finalement toute la méthodologie de conception à partir de ce qu'on faisait déjà pour concevoir une éolienne en mer, c'est-à-dire travailler sur les conditions en fatigue, parce que la houle va solliciter de façon cyclique le flotteur, et, non seulement en fatigue, mais en conditions extrêmes. On a des standards que l'on suit dans lesquels on nous demande de travailler sur les houles cinquantennales. C'est bien pour ça qu'avant d'aller implanter une ferme dans un site donné – c'est le rôle même du développeur que l'on est – il faut connaître les conditions environnementales du site, c'est-à-dire la houle, le vent, le courant, les profondeurs d'eau, les conditions de fonds marins et c'est tout cet ensemble-là que l'on va aller porter aux contracteurs avec qui on travaille, c'est-à-dire le concepteur du flotteur et le concepteur de la turbine.

Dans le tableau que vous mentionniez tout à l'heure, avec les comparaisons des différents flotteurs, il y en a qui ont bénéficié de prototypes. Je voudrais juste dire que les phases de prototypage sont essentielles, mais il y a aussi des essais en bassin qu'on peut réaliser pour les éoliennes flottantes qui sont pertinents et qui aident à confirmer toutes les simulations numériques que l'on peut faire pour la conception des flotteurs.

... **M. Mathias BOURISSOUX**, Membre de la CPDP

D'accord, merci, petit challenge en deux mots pour le profane : qu'est-ce que le fouling, pour que tout le monde puisse vraiment suivre les échanges ?

... **M. Olivier GUIRAUD**, Directeur général de Qair Marine

C'est toute la vie qui va venir s'agréger sur les parois du flotteur. Ça va commencer par des moules qui vont ensuite attirer des micro-organismes plutôt végétaux et ainsi de suite, on va avoir un petit écosystème qui va venir se former sur les parois du flotteur.

... **M. Mathias BOURISSOUX**, Membre de la CPDP

Très bien, merci, c'était pour que chacun puisse saisir ce que l'on entendait par bio fouling et c'est plus clair, je pense, de cette manière. Merci bien, troisième question, que l'on va poser au responsable cette fois-ci d'EFGL, Seif El MISTIKAWI puis à Yannick BOCQUENET, parce que ça porte sur les ancrages. Les ancrages sont de deux sortes : ancrages et raccordement. Il y a la question du raccordement inter éoliennes et puis il y a la question du raccordement à terre, ce qui concerne tout particulièrement RTE, dans son rôle en tant que co-maître d'ouvrage sur ce projet. Il y a beaucoup de questions avant cela qui sont posées et qui concernent les ancrages, donc je pense qu'il faut qu'on y revienne. Quelles sont les options pour l'ancrage ? J'ai trois grandes questions qui reviennent déjà, excusez-moi si je ne suis pas totalement exhaustif, parce que j'en prends connaissance en même temps que vous, mais est-ce que déjà un ancrage, c'est forcément nécessaire ? Est-ce qu'à terme, la technologie ne permettrait pas d'enlever tous types d'ancrages et qu'on soit sous d'autres formes où les éoliennes de manière dynamique se baladeraient dans la mer en étant beaucoup plus libres, finalement.

Il y avait une question qui portait sur le coût du poste d'ancrage par rapport aux projets ensemble, ça représente quoi comme prix, en pourcentage par rapport au développement du projet ? Les personnes s'interrogent aussi sur les différentes typologies d'ancrage qui existent et sur le fait que certaines puissent être plus favorables que d'autres, peut-être aux habitats, à la faune marine, ce qui rejoint donc, je pense, un souci de préservation environnementale. Donc voilà trois questions qui permettent donc d'introduire, on va dire, si vous voulez bien Seif, ce sujet de l'ancrage. Quelles sont ces options aujourd'hui, quels sont les challenges ?

... **M. Seif El MISTIKAWI**, EFGL

Oui, je suis Seif El MISTIKAWI, responsable technique du projet EFGL, donc le projet ferme pilote au large de Leucate et du Barcarès. Comme les programmes au grand large d'EDF et puis EolMed au large d'Ouessant, nous développons une ferme relativement petite de trois éoliennes. J'ai quelques slides qui résument les différents choix technologiques, ce qu'il y a de disponible, pourquoi on va vers une option ou une autre, mais tout d'abord, pour répondre aux différentes questions, je pense que je passerai au slide d'après.

Tout d'abord, le bio fouling, c'est quelque chose qui effectivement est pris en compte dans le design, pour les lignes d'ancrage également, pour les câbles sous-marins, pour la structure flottante elle-

même. Il faut savoir que sur notre projet, nous avons décidé de ne pas mettre d'anti fouling, c'était une des questions qui étaient associées à la thématique anti fouling. Sur notre projet, il n'y a pas d'anti fouling. Le projet se situe dans un parc marin, et c'était quelque chose sur laquelle on s'était engagé, je pense que c'est envisageable à plus grande échelle, éventuellement sur d'autres projets. Donc ça, ça répond déjà à une première problématique, qui est : quel est l'impact polluant associé à cet anti fouling ? Pour le nôtre en tout cas, il n'y en a pas. Ensuite, comment c'est pris dans le design, ça a bien été traité. Ensuite, sachez qu'il y a des fermes en Méditerranée, il y a des bouées en place qui ont pour objectif de voir comment la bio colonisation se constitue sur ces structures au large. Nous avons participé à un projet qui s'appelle Connexterre, la bouée s'appelle BOB, elle est là en place depuis plus d'un an, on a mesuré des épaisseurs de bio fouling.

Donc, on mesure ça, on monitore ça, et ce sera pris en compte dans la conception des prochains projets et du projet dont il est question aujourd'hui. Ensuite, je pense qu'on peut passer aux slides, je reviendrai éventuellement sur le coût des ancrages par la suite. Première slide, les différents systèmes d'ancrage qui existent. M. GUIRAUD a bien présenté les différents concepts de flotteur. À chaque concept de flotteur, un type d'ancrage. Il y a deux grandes familles : la famille des ancrages dits caténaire qui ressemblent à des ancres de navires avec une ancre plus ou moins classique, de la chaîne et puis un câble qui remonte à la surface, soit un câblage synthétique, soit acier. Et puis, un système plutôt distendu ou le principe, c'est qu'on a une ligne quasiment verticale alors, pour le projet Provence Grand Large et puis pour d'autres concepts, les ancrages ne sont pas exactement verticaux, ils sont un petit peu obliques, mais le principe, c'est d'avoir des lignes tendues à l'opposé des systèmes caténaire où il faut imaginer que le rayon autour des flotteurs peut varier en fonction de la taille du flotteur, mais c'est quelques centaines de mètres, alors que dans un système attendu, on est vraiment à l'aplomb du flotteur, voire un petit peu, si l'ancrage est un peu tendu, ça dépasse un peu l'emprise du flotteur.

Ce qui est important à préciser quand on rentre dans le détail de ces systèmes d'ancrage, c'est que rien n'est inventé, tous les composants, tous les concepts toutes les configurations nous viennent de l'industrie pétrolière en mer. Donc, les plateformes flottantes, il y en a beaucoup en mer et ils ont largement innové, ils ont inventé beaucoup de choses, donc l'idée ici c'est d'adapter les concepts existants, d'adapter la longueur, d'adapter les maillons des chaînes, d'adapter le poids des contrepoids, d'adapter les systèmes de connexion aux tensions qui sont en jeu, mais rien n'est inventé, tout est repris de l'industrie pétrolière. Il n'y a pas de dangers technologiques à proprement dit, j'ai vu passer des questions sur les verrous technologiques, que ce soit sur les éoliennes, les flotteurs, les ancrages, on ne peut pas vraiment parler de verrous technologiques, on peut parler de meilleur compromis technique ou économique, de trouver la manière qui fera que le système est le plus économique possible, mais on n'est pas face à une impossibilité technologique. On n'est pas sur l'innovation d'un matériau et si ce matériau n'existe pas, on ne peut pas faire le projet ; on n'en est pas là On est sur : trouver l'optimum sur la manière de construire notamment, de construire de manière efficace, économique. Donc c'est plus à ce stade et à l'horizon des premières fermes commerciales, on n'est pas sur de vrais verrous technologiques, on est plus sur : comment rendre le système constructible à bas coût en respectant la sécurité et l'environnement, évidemment, mais pas d'enjeu majeur, pas de verrous technologiques.

Si on rentre dans le détail de ces configurations des lignes d'ancrage, vous verrez qu'il n'y a rien de vraiment nouveau. Donc, systèmes caténaux, comme je l'ai dit, la partie qui relie le flotteur au sol, c'est soit un cordage synthétique, soit de la chaîne, soit du câblage. Pour les projets EolMed, on parle de cordage synthétique en nylon, pour nous donc EFGL, on parle de cordage synthétique également, mais pas en nylon, un autre matériau donc, le « Danima » [inaudible 1:20:16.0]. Ensuite, au sol nous avons des chaînes équipées plus ou moins de masse additionnelle, comme vous le voyez en bas à gauche qui viennent se connecter sur les maillons de chaîne et puis pour terminer, une ancre classique qui vient pénétrer dans le sol sur 5 à 10 m, en fonction des données de sol et du projet. L'ancrage tendu, les composants sont un peu différents, donc il y a une embase gravitaire des ancres à succion, en fonction du poids vertical enfin, de la masse qu'il faut mettre au bas de ces ancres et des types de sols qu'on rencontre sur un projet. Ensuite, on a les tendons qui relient ces embases au flotteur, ces tendons sont soit des câbles en acier, des composites, sur certaines plates-formes dans le pétrole, ce sont même des tubes en acier. Il y a pas mal de technologies possibles, je laisserai éventuellement Monsieur VEYAN clarifier les matériaux pour les tendons, mais il y a plusieurs options possibles en fonction des technologies et puis ensuite les connecteurs de tendons sur le flotteur. Ce sont les trois grands systèmes, les trois grands composants dont est fait le système tendu.

Encore une fois, pour insister sur le fait qu'on n'est pas sur des verrous de technologies, il y a des prototypes qui sont en mer depuis un certain nombre d'années. En ce qui nous concerne, nous avons le projet Windfloat 1 qui a été installé pendant plus de cinq ans au Portugal dans des conditions de tempête avec des houles jusqu'à 16 m, des creux de 16 m, ça, c'est plus pour le Rex opérationnel. Après, dans la conception, on va au-delà, mais on prend en compte des événements cinquantennaux, juste pour dire que les systèmes ont été déjà éprouvés pendant un certain nombre d'années. On peut passer à la slide suivante.

### ... M. Mathias BOURISSOUX, Membre de la CPDP

C'est le problème du câblage, cette fois-ci.

### ... M. Seif El MISTIKAWI, EFGL

Voilà, les câblages, pareil, tout vient de – ça à l'air simple à dire – mais tout vient de l'industrie pétrolière en mer. Des câbles sous-marins dynamiques, il y en a beaucoup, que ce soit des câbles de puissance, comme des câbles qui contiennent plus que des câbles de puissance, des fluides hydrauliques, etc., mais des câbles de puissance dynamique, il y en a beaucoup. Il faut choisir sur chaque projet la configuration qui convient le mieux en fonction des mouvements du flotteur, de la profondeur d'eau notamment. Ce sont les deux grands critères de choix. Vous voyez en haut à gauche différents types de configurations possibles en caténaux simples, en vague, en lazy wave, ce qu'on appelle avec des modules de bouée qui sont accrochées à mi-hauteur et enfin, une troisième configuration, qui est la même que la seconde, mais à laquelle on rajoute un collier près du point de touche sur le sol et qui évite des excursions du câble sur le sol. Ces trois configurations, évidemment, on essaye toujours de choisir la plus simple, la moins coûteuse, ce n'est pas toujours gagné, en fonction des caractéristiques du projet. Donc des flotteurs qui ne bougent pas beaucoup vont pouvoir se permettre des caténaux,

des flotteurs qui bougent un petit peu plus, on va être obligé de mettre des bouées pour découpler les mouvements du flotteur et les efforts au point de touche.

Donc voilà, ce sont les critères de choix. Le système est composé d'éléments qui existent déjà, qui sont qualifiés pour des profondeurs importantes comme faibles. Tout en haut sur le flotteur, les câbles passent par un I-tube, c'est sensiblement un tube dans lequel le câble passe, donc pas d'enjeux technologiques majeurs là-dessus. Un raidisseur en flexion en bas de ce I-tube qui permet de faire une transition souple des efforts du câble vers le flotteur, des modules de flottaison à mi-hauteur qu'on associe aux câbles et des manchons de protection pour éviter l'abrasion sur le fond. Essentiellement, ce sont les composants qui existent sur le marché, il s'agit de choisir le bon nombre, la bonne dimension pour le projet.

Le câble en lui-même lui aussi est qualifié pour des niveaux de tension des projets, donc 66 kV, l'enjeu est de bien dimensionner les armures métalliques que vous voyez en bas à gauche autour du câble. Le câble est protégé de 1 à 2 couches d'armure métallique. Les enjeux sont de bien dimensionner ces armures pour que ça tienne en fatigue et en conditions extrêmes.

La dernière slide résume en fait les enjeux, la question aussi a été posée d'essayer de comprendre ce qui est spécifique au flottant et quels sont les enjeux spécifiques au flottant. Sur la thématique des câbles et des lignes d'ancrage, il y a un couplage fort entre l'éolienne, le flotteur et son ancrage. Donc, il y a un enjeu, on va dire, de conception. Il y a des logiciels qui combinent tout ça, ces trois composantes. On est dans une phase d'apprentissage, on va dire de mise en application de théorie, on a des retours opérationnels de terrain. Ça alimente cette compréhension. On avance bien, mais il reste quand même un enjeu fort sur le flottant : c'est le couplage de l'éolienne, du flotteur et de son ancrage. Les efforts sur les ancrages augmentent forcément avec la taille des éoliennes qui augmentent. Donc ça, c'est aussi un enjeu, c'est-à-dire qu'il faut de plus en plus de composantes de plus en plus résistantes ou des longueurs de rayon d'ancrage qu'on ne peut pas dépasser pour des raisons environnementales, mais aussi de performance de parc. Donc il faut trouver des solutions pour avoir des ancrages qui restent dans un rayon raisonnable, tout en maintenant le flotteur en place.

### ... **M. Mathias BOURISSOUX**, Membre de la CPDP

D'accord. Je me permets, parce qu'il y a beaucoup de questions sur ces sujets d'ancrage en même temps, on n'aura pas le temps de passer en revue complètement tous vos slides. Il y avait juste, parce que ce sont deux questionnements qui reviennent : parmi toutes les options, au regard de ces enjeux qui sont discutés devant nos yeux, il n'y a pas aujourd'hui un type d'ancrage qui remporte l'adhésion ?

### ... **M. Seif El MISTIKAWI**, EFGL

Non. Il faut vraiment voir les deux grandes familles. On ne peut pas faire une TLP avec des ancrages caténaux et inversement, on ne peut pas faire...

... **M. Mathias BOURISSOUX**, Membre de la CPDP

Juste pour préciser ce que c'est qu'une TLP.

... **M. Seif El MISTIKAWI**, EFGL

Oui, ce sont les systèmes de flotteurs avec ancrages tendus, c'est la deuxième famille. Il y a vraiment deux familles de flotteurs : des flotteurs qui ne nécessitent pas d'ancrage tendu, donc ancrages caténaire et des flotteurs qui requièrent forcément des ancrages tendus. Ces flotteurs s'appellent les TLP, les Tension-leg platform, c'est hérité de l'industrie pétrolière et donc on ne peut pas dire qu'aujourd'hui il y a entre ces deux grandes familles un gagnant. Ça va être peut-être dans les dix années à venir, il y aura peut-être des choses qui sortiront, mais aujourd'hui, non. Aujourd'hui, entre un ancrage tendu et un ancrage caténaire, il n'y a pas d'option gagnante. Il faut faire l'exercice économique site par site de savoir quel flotteur est le plus adapté avec son ancrage associé que ce soit en termes de coût de fabrication ou d'installation, des collections, reconnexion. Un des points, je pense, qu'il est important de mentionner, c'est que le système dès qu'on est sur du flottant, vu qu'on est sur de l'éolien et qu'il y a de la maintenance, le sujet de déconnecter l'éolienne et de la rapatrier à terre pour de la maintenance lourde par exemple.

Tous les équipements sont faits pour durer vingt ans ou la durée de la ferme, la durée opérationnelle de la ferme, mais en cas de maintenance lourde requise, on doit pouvoir déconnecter les flotteurs, les ramener, faire la maintenance et les rapatrier et ça, ça doit se faire dans un temps record, enfin un temps le plus court possible avec le moins d'impact sur la production de la ferme. Il y a des systèmes intelligents, chaque technologie a son idée, chaque développeur a son idée. Nous, on a un I-tube, comme vous avez vu sur une des slides qui se déconnecte et qui flotte. D'autres opérateurs ont d'autres solutions, mais il y a un enjeu là-dessus ; sur déconnecter rapidement le flotteur, le reconnecter.

... **M. Mathias BOURISSOUX**, Membre de la CPDP

D'accord, très bien. Merci beaucoup pour cet effort de synthèse. Désolé de vous avoir pressé, sauf que j'aimerais qu'on laisse la parole pour les quelques petites minutes restantes à Yannick BOCQUENET qui représente donc RTE, Réseau de Transport Électricité, donc c'est aussi la partie raccordement qu'il va aborder qui est importante, qui explique aussi que RTE soit, encore une fois, co-maître d'ouvrage sur ce projet donc on doit lui laisser un petit peu de temps, même si ce sera minime par rapport à tout ce qu'il pourrait nous dire. Monsieur VEYAN, je suis désolé, j'ai bien vu que vous aviez la main levée, je vous proposerai, vraiment si c'est nécessaire de prendre la parole en une petite minute suite à Monsieur BOCQUENET, s'il y avait une précision à apporter et malheureusement, comme l'atelier n'est pas consacré qu'à ce sujet-là, et, il faudra laisser la parole ensuite à Étienne.

Est-ce que vous pouvez nous dire un peu ce qu'il en est là aussi des enjeux techniques concernant le raccordement non pas des éoliennes entre elles, mais simplement aussi des éoliennes à terre et aussi du coût que ça représente, parce que c'était une question finalement posée tout à l'heure, je ne suis pas sûr qu'on ait eu une réponse claire sur les ancrages. Il faudrait qu'on puisse parfois avoir une idée de coût de chaque poste. Là, qu'est-ce qu'il en est pour celui-ci ?

### ... M. Yannick BOCQUENET, RTE

Bonjour, bonjour, tout le monde. Effectivement, le projet de RTE ne peut pas se limiter aux quelques minutes qui m'incombent, donc je vais quand même faire rapide pour cette fois-ci. Le rôle de RTE sur ces projets d'éolien flottant en Méditerranée, c'est d'assurer le lien de la mer vers la terre et donc de créer les infrastructures nécessaires pour assurer ce lien, collecter l'électricité au large, là où elle est produite, la rapatrier à terre là où elle est consommée.

Donc vous voyez sur ce schéma en quoi consiste un raccordement électrique de ces fermes éoliennes en mer. Dans un premier temps, il y a un premier objet, j'y reviendrai dans ma seconde slide, c'est le poste électrique en mer qui est ici un poste posé. Je reviendrai également sur le posé et le flottant sur cet objet de poste électrique en mer, poste électrique qui est raccordé à un poste de raccordement terrestre qui peut être situé à plusieurs kilomètres non seulement de la côte pour le poste en mer, mais également à plusieurs kilomètres à terre pour le poste électrique de raccordement.

Donc pour la partie raccordement, la distance est un enjeu important dans le dimensionnement du projet, donc dimensionnement technique et donc du dimensionnement économique de ce projet. Notamment, ce câble de raccordement, qui dans un premier temps chemine sur le sol marin « ensouillé », c'est le terme consacré pour dire que ce câble est disposé dans une tranchée qui est refermée, donc non accessible, et ensuite sur une partie terrestre avec une jonction d'atterrage qui assure ce lien entre la technologie marine et la technologie terrestre pour ensuite gagner le poste de raccordement, mais avec un objet intermédiaire, comme vous le voyez ici sur le slide, c'est un poste de compensation électrique intermédiaire. C'est à l'intérieur de ce poste qu'on mettra des dispositifs, des équipements, donc ce sont de grosses bobines, de gros transformateurs qui permettent de compenser l'énergie qui n'est pas utilisable en l'état sur le réseau, mais qui est produite de par le grand transport dans les câbles notamment et donc par l'éloignement plus ou moins important à la côte de ces parcs-là. Ici, sur ces projets, on envisage pour une unité de 250 MW un câble tripolaire comme ça a été présenté précédemment avec un câble qui comporte les trois phases et pour un parc à terme de 750 MW, ce sont trois câbles tripolaires sur la partie maritime. Pour ces premiers projets, on est également sur du courant alternatif, parce qu'on peut entendre parler également d'autres projets en courant continu, mais là, c'est intéressant dès lors qu'on est à des distances très importantes de la côte et sur des unités de production au-delà de 2 GW, par exemple.

Si on passe à la slide suivante, je reviens plus particulièrement et plus précisément sur le poste électrique en mer. Sur ces raccordements, nous avons souhaité que ce soit des raccordements mutualisés, donc vous avez en bas à droite une figuration de ce que serait un raccordement non mutualisé, c'est-à-dire qu'à chaque parc correspond un poste électrique en mer et dès lors qu'on a un horizon sur le développement à terme d'un ou de plusieurs parcs, comme c'est le cas en Méditerranée avec dans un premier temps 250 MW évoqués et par la suite une extension à 500 MW, on peut dès lors proposer un raccordement mutualisé. C'est-à-dire là, dès l'origine, on prévoit le dimensionnement d'une plate-forme permettant d'accueillir la production à terme de ces parcs-là. Donc, dimensionnement de la plateforme qui passe par une plateforme modulaire, c'est ce qui est symbolisé sur le schéma où on a envisagé dans un premier temps de surdimensionner la plateforme, qui permettra d'accueillir dans un premier temps un premier module de 250 MW et, par la suite, les autres modules permettant d'arriver à une production à terme qui ici serait envisagé à 750 MW.

L'objectif de ce raccordement mutualisé et de ses plateformes modulaires, ça permet d'optimiser, dans un premier temps, l'économie du projet pour éviter de devoir créer autant de postes en mer que de parcs et également optimiser les tracés et puis optimiser les emplacements sur le sol marin et aux atterrages qui sont des endroits relativement rares et importants à trouver. Sur le raccordement mutualisé, une plateforme modulaire est une plateforme que nous souhaitons également mettre à profit de la collectivité, des territoires en les brûlant multiusages. C'est-à-dire que nous avons ici un objet en mer éloignée de la côte qui est énergisé, donc il y a de l'électricité sur la plateforme, il y a également la possibilité de disposer de fibres numériques optiques entre la mer et la terre, donc très utile pour envoyer et recevoir des informations. Cette plateforme pourrait donc être à usage d'observatoire par exemple de la biodiversité, d'observatoire des parcs ou d'observatoire des usages en mer autour de ces parcs.

On l'a vu dans le premier schéma, on est sur un poste en mer posé. Nous sommes pour autant sur des projets d'éolien flottant. RTE est en train d'étudier cette possibilité de disposer de poste en mer flottant, mais pour ça, on se heurte dans un premier temps à deux verrous technologiques. On a vu précédemment que l'on ne parlait pas tant de verrous technologiques, notamment sur les ancrages, mais là, typiquement, on est sur un premier verrou technologique, c'est le câble dynamique permettant de relier le poste en mer à la terre. Ce câble dynamique, il faut le représenter comme étant un objet sur étagères pour du 66 kV, mais pour autant sur ces projets-là, dès lors qu'on est sur du 225 kV, nous ne sommes pas qualifiés. Ces câbles n'existent pas encore, les câbles dynamiques existants dans le secteur seront des câbles dynamiques à un niveau de tension jusqu'à 145 kV et c'est ce qu'on observe sur les ombilics qui relient et qui alimentent notamment les stations pétrolières. Donc un premier verrou technologique sur la partie câble dynamique et puis on a également un autre verrou technologique situé dans les installations mêmes du poste, c'est-à-dire les transformateurs qui permettent d'agréger l'électricité produite et acheminée par les câbles inter éoliennes jusqu'à la plateforme en 66 kV et d'élever ce niveau de tension jusqu'au niveau de tension 225 kV. Et ça, aujourd'hui, ces transformateurs-là ne sont pas étudiés, n'ont pas été conçus pour pouvoir résister à des mouvements de houle tels qu'ils pourraient être constatés sur des postes électriques en mer flottants.

Dans un premier temps et pour ces premiers projets flottants, nous sommes bien sur une technologie de postes en mer posés qui elle aussi a certaines limites, alors, ce sont des enjeux, des ratios technico-économiques, c'est-à-dire que plus on va aller loin au large, plus ça coûtera cher pour la partie raccordement au câble, mais également coûtera cher sur la partie jacket, c'est-à-dire ce qui permettra d'ancrer et de tenir sur le sol marin ce poste électrique en mer. Le ratio aujourd'hui entendu, c'est que dans une bathymétrie jusqu'à 90, 100 m de fond d'eau, on est sur des ratios qui permettent un ancrage du poste en mer. Au-delà, ces ratios deviennent exponentiels.

### ... **M. Mathias BOURISSOUX**, Membre de la CPDP

D'accord. Merci beaucoup. Pas mal de questions, réactions qui ne portent d'ailleurs pas précisément sur ce sujet et qui portent aussi d'ailleurs sur des projets, notamment de fermes pilotes. On ne peut pas toutes les aborder maintenant, d'autant plus qu'il faut vraiment qu'on passe à la partie 2. Donc je vous remercie à tous et toutes. Pour ce qui est des intervenants dans le fil de discussion, sachez que lorsqu'on ne répond pas à vos questions, lorsqu'on ne peut pas les prendre en compte, nous les

gardons et elles seront toutes rebasculées sur le système questions-réponses sur Internet, ce qui permettra d'y apporter des réponses précises lorsque justement vous n'avez pas eu l'occasion d'en avoir. Donc merci de les poser, nous y répondrons après coup et comme nous avons vos adresses Internet, nous pourrons vous recontacter pour que vous ayez directement la réponse qui vous soit envoyée. C'est le premier point.

Je remercie aussi vivement tous les intervenants de ce premier temps. Le fait de présenter la technologie, c'est un peu complexe, parce que ça oblige de rentrer dans le détail par poste, mais c'est nécessaire pour que le public puisse s'y retrouver et qu'il puisse maintenant basculer sur la deuxième partie et je laisse la parole à Étienne, plus général, plus transversale sur la question de la politique industrielle et notamment de son coût.

### ... **M. Étienne BALLAN**, Président de la CPDP

Merci beaucoup, Mathias. Je vous propose de passer à la deuxième session, on a beaucoup de retard. Je vais donc demander aux intervenants de faire un peu plus court que prévu en les remerciant à l'avance de bien vouloir s'adapter. Nous avons deux sujets principaux à voir, c'est-à-dire qu'au-delà de la technique, les questions sur l'éolien flottant qui reviennent beaucoup dans le public sont aussi des questions de : est-ce qu'on est capable de faire, c'est-à-dire qui sont les acteurs qui vont faire l'industrie, dans quel état elle est, est-ce qu'il y a une véritable capacité technique à faire tout ça ? Deuxième point : comment ça va être financé, c'est-à-dire qui va finalement payer quoi pour le développement de cette industrie ? On parlera bien entendu du coût de l'éolien flottant et de la part aussi du financement public de cette énergie telle que son développement est prévu pour le moment. Donc cette session est vraiment sur les moyens de cette politique industrielle, ses acteurs et le modèle économique. Je vais tout de suite donner la parole à Monsieur MONNIER de France Énergie Éolienne (FEE) qui est donc une fédération des acteurs de l'industrie et de la filière éolienne. Je vais vous demander, Monsieur Monnier, comme vous avez pas mal de diapos de faire vraiment un effort de concision si vous le voulez bien, tenir en 6 ou 7 minutes pour nous expliquer qui sont les acteurs de l'éolien, comment ça marche aujourd'hui et comme ça, on aura le temps de prendre quelques questions sur ce point et à votre suite, on localisera un petit peu le sujet que vous avez abordé avec l'intervention de Patricia MARIN du pôle mer Méditerranée pour faire un focus en fait sur les deux régions PACA et Occitanie sur la question de la filière de l'éolien flottant. Ça nous permettra avec vos deux interventions d'avoir à la fois un panorama général et en même temps un petit peu régional. Monsieur MONNIER, je vous laisse la parole.

### ... **M. Mathieu MONNIER**, France Énergie Éolienne

Merci, Monsieur le Président, j'espère que vous m'entendez bien toutes et tous. Super, bonjour à toutes et à tous. Défi accepté pour les 6 ou 7 minutes. Donc, je suis un adjoint au délégué général de France Énergie Éolienne, l'association des professionnels de l'éolien en France aux côtés du syndicat des énergies renouvelables notamment. L'association est compétente sur le terrestre et l'offshore. Effectivement, on en a parlé tout à l'heure, Anne GEORGELIN, ma collègue notamment, on a un développement industriel de l'éolien en mer posé depuis trente ans à peu près en Europe qui est le

berceau historique de l'éolien en mer et également dans le monde, plus récemment depuis environ 5 ou 6 ans. En France, on a la chance finalement d'avoir une industrie qui se structure sur les territoires. D'abord en Pays de la Loire qui est un peu le berceau historique de l'éolien en mer en France, notamment avec l'usine de General Electric avec les chantiers de l'Atlantique, vous avez certainement entendu le Premier ministre ce week-end qui a fait son déplacement à Saint-Nazaire. Mais vous avez aussi un pôle industriel en Normandie à Cherbourg avec l'usine de pales LM Wind Power, groupe General Electric et Siemens Gamesa qui est en train de construire son usine qui devrait être opérationnelle début 2022. Donc en fait, c'est le résultat des appels d'offres 1 et 2 des six projets qui ont été attribués dans le cadre de ces appels d'offres, parce qu'il y avait un critère de notation qui portait notamment sur la création de valeur ajoutée sur le territoire français.

Il faut savoir que ces différentes usines que vous voyez sur la carte, évidemment ce n'est pas exhaustif, ça ne représente pas tous les emplois relatifs à la chaîne de valeur de l'éolien en France, mais ce sont des pôles assez structurants et la France finalement bénéficie d'un tiers des capacités de production européenne pour les éoliennes en mer et les sous-stations électriques. Donc vous voyez, on n'a pas encore de capacité en service en France. On est en train de construire les parcs, mais on a déjà presque un tiers des capacités de production européenne. Ça veut dire que la France est extrêmement bien positionnée.

Évidemment, vous l'avez deviné, ces infrastructures industrielles sont connectées à des ports, elles font même partie intégrante de ces ports dans la surface foncière, puisqu'il faut évidemment pour des raisons naturelles aller ensuite installer ces composants en mer. On va le voir tout à l'heure, il y a une grande différence entre l'éolien en mer posé et l'éolien en mer flottant, c'est que pour l'éolien en mer flottant, les ports vont constituer des épencentres et comme des chantiers navals pour les futurs projets. Je vais y revenir en détail tout à l'heure, mais ça vous donne en tout cas la toile de fond et ce qu'il se passe aujourd'hui pour l'éolien en mer posé en France.

Évidemment, ça constitue des retombées concrètes pour les territoires, parce que souvent on s'interroge, voilà, l'éolien ça vient finalement d'autres pays européens, de Chine, non, ce n'est pas le cas. Vous avez effectivement ces grands donneurs d'ordres de rang 1, des constructeurs d'éoliennes ou de sous-stations électriques qui sont très visibles, qui sont des ensembleurs et derrière, vous avez toute une chaîne de valeur d'entreprises qui s'insèrent dans ses composants, parce qu'effectivement, une éolienne, ce sont plusieurs milliers de composants et aussi une intelligence dans ces éoliennes qu'on compare souvent à l'intelligence présente dans les formules 1. Donc c'est vraiment ce qu'on appelle aujourd'hui la digitalisation de la transition énergétique, vous avez des machines qui sont hyper connectées et qu'on peut relier aussi au savoir-faire des entreprises françaises, de la French Tech en la matière. Vous avez énormément de ce qu'on appelle des pépites des PME, des start-ups françaises qui s'insèrent dans cette chaîne de valeur et dont les compétences sont très recherchées au niveau mondial. Donc là, je vous donnais l'exemple des groupes General Electric et Siemens Gamesa en France.

Forcément, les retombées sont concrètes et on les mesure. Elles sont observables et à la fin de l'année 2020, on comptait un peu moins de 5 000 emplois liés à l'éolien en mer et aux autres énergies marines renouvelables sur le territoire français. Donc, ça a été une progression très importante en 2020 : plus 59 % avec des investissements annuels qui, eux aussi, ont beaucoup augmenté. C'est complètement lié finalement à la construction des premiers parcs éoliens en mer et à leur future mise en service à

partir de l'année prochaine notamment. Ça devrait évidemment se poursuivre avec la mise en service des premiers parcs jusqu'à la fin 2023 notamment et ensuite avec les parcs du deuxième appel d'offres qui sont prévus autour de 2025-2026, puis ensuite Dunkerque et ensuite les projets dont on parle aujourd'hui notamment.

Mes collègues l'ont dit, Anne GEORGELIN l'a dit notamment, la France est un pays pionnier de l'éolien flottant. C'est le pays qui a le plus investi sur la phase pré commerciale, donc sur les projets pilotes, ça permettra de valider les hypothèses, déjà la viabilité économique et aussi les hypothèses techniques dans des conditions pré commerciales, donc on a dépassé le stade des démonstrateurs et ça va constituer aussi de véritables retours sur expérience du point de vue environnemental qui seront mis à profit pleinement pour les fermes commerciales dont on parle aujourd'hui. Si vous regardez la chronologie, vous allez voir qu'en fait, entre les fermes pilotes et les appels d'offres, on va voir plusieurs années qui vont s'écouler et donc ça veut dire qu'au moment des demandes d'autorisation, on pourra pleinement réinjecter toutes les leçons qui ont été apprises sur les fermes pilotes, parce que les fermes pilotes vont être mises en service fin 2022, début 2023, alors que les projets dont on parle aujourd'hui, si toutefois on continue les projets, ils devraient être mis en service plutôt vers la fin de la décennie. Donc vous voyez, ça vous laisse quand même quelques années, et une fois qu'un projet est attribué, disons qu'il n'est pas autorisé. Donc il va falloir sur la base d'études d'impacts pouvoir prouver que votre projet respecte la réglementation et peut être validé par la suite et ensuite construit et exploité. Ces retours d'expérience vont nous permettre déjà de pouvoir bien appliquer la démarche Éviter, Réduire, Compenser du point de vue de l'environnement, mais aussi surtout, gagner en compétitivité. Vous avez les fermes pilotes françaises et à l'étranger qui vont profiter à l'ensemble de l'industrie au niveau européen et mondial. La slide suivante, s'il vous plaît.

... **M. Étienne BALLAN**, Président de la CPDP

Je vais vous demander de conclure, Monsieur MONNIER, s'il vous plaît.

... **M. Mathieu MONNIER**, France Énergie Éolienne

Voilà, exactement. Les infrastructures portuaires, les épices de ces futurs chantiers. Pour ce qui concerne la Méditerranée, Port-la-Nouvelle est largement positionnée avec un chantier en cours déjà adapté pour les fermes pilotes qui pourra être upgradé et modifié pour les fermes commerciales et Marseille-Fos, qui pourra aussi largement se positionner et faire valoir finalement ses atouts en France, mais aussi au niveau européen, car ne l'oublions pas qu'il y a un potentiel européen en Europe du Sud avec nos collègues espagnols qui ont annoncé aussi de grandes ambitions ainsi que nos collègues italiens et grecs notamment pour ce qui concerne la Méditerranée. Slide suivante et je crois que j'en ai terminé, je vous remercie.

... **M. Étienne BALLAN**, Président de la CPDP

Merci beaucoup, Monsieur Monnier, je vais donner la parole à Madame MARIN du Pôle Mer Méditerranée, Madame MARIN, vous avez 3 minutes, très précisément.

... **M<sup>me</sup> Patricia MARIN**, Pôle Mer Méditerranée

Bien, merci de me donner cette opportunité de compléter ce qu'ont présenté mes collègues. Comme l'annonçaient mes collègues, l'objectif si nous [inaudible 1:52:45.7] les gros développeurs qui sont déjà positionnés, ce qui est intéressant pour la filière, en termes de développement économique, c'est de pouvoir amener les entreprises en local à se positionner sur ces marchés. Donc l'idée c'est de pouvoir, avec les régions, la région sud, la région Occitanie identifier ces différentes entreprises qui parfois ne sont pas encore au courant et pouvoir les positionner. Ce travail a été effectué et ça a permis d'identifier qu'il y avait en façade méditerranéenne plus de 500 entreprises et laboratoires qui pouvaient travailler sur ce sujet. Ce travail a permis de constater que nous avons en local ce qu'il fallait [inaudible 1:53:29.6] sur le futur projet et déjà pour certaines, commencer à travailler, puisque pour plus d'une centaine, elles sont déjà confirmées, elles ont des marchés aussi bien au niveau national qu'international, puisque comme ça a été présenté en amont, au niveau européen, nous avons suffisamment déjà de projets qui permettent à ces entreprises de se positionner, en particulier pour certaines qui ont déjà des compétences très intéressantes.

De façon à [inaudible 1:53:57.1] a mis en avant de ces entreprises, il y a en préparation des annuaires numériques qui seront mis à disposition de la filière pour que ces entreprises puissent être facilement consultées en fonction de leurs compétences et de leur capacité à pouvoir éventuellement même se grouper de façon à [inaudible 1:54:17.1] avoir une structure un peu plus grosse. Il est intéressant aussi d'indiquer qu'au-delà de leur potentiel sur les projets à venir, il y a à travers les projets de R&D qui ont été mis en œuvre depuis ces dernières années plus de soixante projets pour quand même des montants non négligeables, aussi bien en termes d'investissement propre des entreprises, mais aussi parce qu'il y a des aides via les projets de l'ADEME, de l'ANR et des projets européens qui ont permis d'investir plus de 170 millions d'euros sur la façade méditerranéenne à travers ces projets et donc, contribuer à l'emploi, et au recrutement, comme ça a été présenté sur les différents verrous technologiques et de façon à améliorer les capacités technologiques de ces différents projets.

On peut aussi citer dans les activités de l'animation de filière un salon qui est né en Méditerranée, c'est un salon international dédié à la filière éolien flottant qui permet de mettre en avant toute la filière et mettre en avant toutes les entreprises, de façon à ce qu'il puisse y avoir des échanges au niveau [inaudible 1:55:35.1]. Ce salon est né à Marseille et il tourne au niveau national sur les deux façades, que ce soit côté Atlantique et Méditerranée.

La dernière slide, juste pour mettre en avant ce qui sera un petit peu détaillé dans les annuaires pour le positionnement des entreprises. On voit la chaîne de valeur, ça a été largement présenté par mes collègues, que ce soit la partie techno, ou même le développement de projets et en fait, ça sera, je pense, dans un prochain atelier plus lié à l'aspect territoire qu'on pourra détailler, mais nos entreprises sont positionnées sur certains de ces postes. La chaîne de valeur, on peut voir d'ores et déjà par exemple que sur la partie développement de projets, beaucoup d'entreprises ont pu se positionner sur ce qui est des études environnementales, contribuer aux études sur la biodiversité et aux solutions d'accompagnement, et aussi, puisque maintenant il y a des projets en cours de fabrication comme le projet PGL sur le port de Fos où il y a déjà de la construction et nos entreprises locales ont pu se positionner. Voilà, j'en ai fini, j'ai fait le plus vite possible.

### ... M. Étienne BALLAN, Président de la CPDP

Je vous remercie beaucoup pour cette concision et cette clarté et notamment pour cette dernière diapo qui effectivement fait l'effort de préciser les choses de façon assez claire et assez nette. C'est pour cette raison que d'une part, je voudrais signaler à tout le monde que l'ensemble des documents va être en ligne très rapidement. L'idée n'est pas forcément, ce soir, avec le temps court qu'il nous reste, d'aller au fond de ces sujets industriels, néanmoins, vous pouvez continuer à poser des questions sur ce point, consultez ces documents. Je voulais insister, mais vous l'avez dit vous-même, nous avons une deuxième réunion sur les questions d'industrie et territoires qui va effectivement un petit peu aller regarder un peu plus en détail le poids économique sur chacun des territoires concernés et donc, on va reparler de la création d'emplois dont Monsieur MONNIER a parlé rapidement.

On va parler aussi du poids relatif de la filière éolienne par rapport à d'autres filières économiques sur les deux régions sud PACA et Occitanie et éventuellement plus globalement aussi au niveau national. Donc cette deuxième réunion industrie et territoire aura lieu le 23 septembre et je vous invite évidemment à y participer. Elle sera l'occasion d'aller un peu plus approfondie sur ces sujets. Je ne vois pas de demande de parole ou de questions relatives à cette présentation des acteurs industriels et de la filière en règle générale. Il n'y a pas non plus de réactions sur les ports, donc ce que je vous propose, c'est que nous irons un peu plus loin et je pense que la question portuaire posera très certainement des questions dans cette réunion du 23 septembre et donc je vous propose qu'on écoute tout de suite la troisième intervention de cette session et on verra ensuite les questions globalement, pour vous laisser aussi un peu le temps de digérer ce qu'on vient d'entendre.

Madame Victoire CHEMINÉE, vous êtes à la Commission de Régulation de l'Énergie, la CRE, on est ravis de vous accueillir, parce que vous êtes comme nous une autorité administrative indépendante, donc on est contents de retrouver une structure comme la CNDP. On n'a pas tout à fait la même fonction, mais on a la même obligation de transparence et de neutralité et donc c'est à ce titre qu'on vous a demandé de bien vouloir venir nous exposer le coût de l'éolien flottant et les politiques de soutien au développement de l'éolien flottant en répondant à deux questions : la trajectoire de ces coûts, c'est-à-dire non seulement à combien ils s'élèvent, mais aussi comment ils évoluent, ou ils risquent évoluer, mais aussi nous décrire la façon dont le modèle économique fonctionne, son articulation entre le privé et le public. Je vous remercie, vous avez dix minutes grand maximum, vous avez pas mal de diapos, donc je vous invite notamment dans les premières à peut-être rassembler un peu les contenus pour être la plus concise possible.

### ... M<sup>me</sup> Victoire CHEMINÉE, Commission de Régulation de l'Énergie

Bonjour à tous, je travaille à la Commission de Régulation de l'Énergie au département dispositif de soutien aux énergies renouvelables. La Commission de Régulation de l'Énergie participe au développement de l'éolien en mer à plusieurs titres dont la sélection du lauréat à travers la procédure de dialogue concurrentiel et dans la régularisation incitative des investissements de RTE qu'on a entendu tout à l'heure. Dans les différentes étapes du dialogue concurrentiel, la CRE va recevoir les candidatures des différentes entreprises et proposer une présélection de ces entreprises au gouvernement selon les critères que le gouvernement a fixés. Ensuite, elle va donner un avis, rendre

un avis au gouvernement sur le projet de cahier des charges pour sélectionner le lauréat à qui sera attribué le parc et dans un dernier temps, elle va recevoir les candidatures, les instruire et proposer un lauréat. Sur le plan investissement à lier au raccordement, elle va fixer un budget cible que RTE sera entièrement incité à respecter.

On va rentrer dans le vif du sujet avec à présent les coûts de l'éolien en mer. Dans un premier temps, l'éolien en mer posé, puisqu'on a vu qu'il y a deux technologies complémentaires qui sont à des stades de développement différent et donc, à des coûts différents. On va regarder et s'intéresser aux prix des parcs éoliens en mer posés qui sont déjà prévus. Il y a six premiers parcs qui ont été attribués en 2011 et 2013 avec des prix de l'électricité de l'ordre de 165 à 200 € du MW/heure. Des prix qui ont été, dans un second temps, renégociés par l'État en 2018 pour descendre à des prix de 130 à 150 € du MW/heure. Là, on regarde le prix de l'électricité qui est rapporté à l'énergie produite. Ensuite, plus récemment, le parc de Dunkerque a été attribué en 2019 avec un prix très compétitif de 44 € par MW/heure, une baisse importante par rapport à ceux du début de la décennie, ce qui explique notamment les velléités de renégociation. Actuellement, il y a une nouvelle procédure d'appel d'offres qui a été lancée pour attribuer un parc en Normandie, donc qui est en cours. Pour cet appel d'offres, la PPE, la Programmation pluriannuelle de l'énergie, indique un prix cible de 60 € par MW/heure. On est sur un terrain qui est un petit peu moins favorable que celui de Dunkerque. La PPE indique les différents parcs dont le développement est prévu et donne une fourchette, un ordre de grandeur de la cible à atteindre pour ces différents parcs.

Sur la dernière décennie, on voit une baisse importante du niveau du soutien, on la retrouve dans d'autres pays européens. Elle est liée à plusieurs phénomènes : l'augmentation des machines qui sont installées, donc à la fois la taille des pales qui permet de capter davantage d'énergie du vent, la hauteur des éoliennes, on va aller chercher des moyennes de vents plus importantes à des hauteurs plus importantes, l'augmentation de la puissance des génératrices qui permettent de convertir ces vents en davantage d'énergie électrique. Sur un autre plan qui n'est pas technologique cette fois-ci, on a également une amélioration des conditions de financement avec une baisse des taux, étant donné qu'il y a davantage de retours d'expérience et donc de confiance en ces technologies. Enfin, l'industrialisation de la filière avec des effets d'échelle, notamment le dernier parc sur lequel la procédure est en cours en Normandie, ce sera un parc d'1 GW de puissance, alors que précédemment, on avait des parcs de 500 MW. On a doublé la puissance recherchée.

Donc si on passe à présent à l'éolien en mer flottant, il y a effectivement quatre parcs expérimentaux dont on a parlé à plusieurs reprises qui ont été attribués en 2016 et qui vont bénéficier d'un tarif de 240 € par MW/heure. On est sur un ordre de grandeur plus élevé que les premiers parcs commerciaux, mais également sur des projets expérimentaux qui vont produire moins d'énergie. La première procédure d'appel d'offres est en train de débiter pour attribuer le premier parc éolien flottant commercial, ce sera en Bretagne Sud on parle de 250 MW et pour celui-ci, la PPE indique un prix cible de 120 € par MW/heure. Pour les parcs en Méditerranée qui sont l'objet du présent débat public, la PPE indique un prix cible de 110 € par MW/heure. Donc on a une technologie qui est moins mature que l'éolien en mer posé, on l'a vu à plusieurs reprises, qui présente un potentiel important et on devrait observer a priori le même phénomène de baisse que pour l'éolien en mer posé dans les prochaines années et à moyen terme, il est prévu une convergence des prix de l'éolien en mer posé et de l'éolien en mer flottant.

On va voir, notamment dans les prochains mois, à quel prix les premières procédures concurrentielles vont ressortir par rapport à ce prix ciblé de 120 € par MW/heure, quel va être le prix de ce parc en mer flottant en Bretagne Sud. Il y a encore pas mal d'incertitudes à ce niveau-là.

La diapositive suivante traite du soutien pour le projet. La production d'électricité et le raccordement au réseau vont être financés et subventionnés de façon distincte. Sur le sujet de la production d'électricité, ça va être le producteur qui investit dans les éoliennes en mer, comme on l'a vu, à partir de ses fonds propres, donc les capitaux qu'il possède et d'emprunts dans une assez large mesure, et le soutien aux producteurs d'électricité à partir d'énergies renouvelables est financé par le budget de l'État. Donc, le contribuable finalement. Depuis 2016, il n'est plus financé par les consommateurs d'électricité à travers leurs factures, c'était précédemment la taxe CSPE sur les factures d'électricité qui finançait le soutien aux énergies renouvelables, alors que maintenant, cela passe intégralement par le budget général de l'État dans lequel les dépenses ne sont pas affectées à des recettes en particulier.

S'agissant du raccordement au réseau, c'est RTE qui va investir dans les ouvrages de raccordement et le coût est porté par les consommateurs via le tarif d'utilisation des réseaux publics d'électricité, le TURP, qui est assis sur la facture d'électricité des consommateurs. Donc voilà sur le mode de soutien et sur qui va payer quoi. Ce soutien va prendre la forme d'un complément de rémunération, donc on va s'intéresser à son fonctionnement assez rapidement. Ce complément de rémunération, c'est une assurance sur les revenus qui vont être touchés par le producteur pendant vingt ans, à la suite de quoi le producteur pourra poursuivre l'exploitation des éoliennes sans soutien public pendant une dizaine d'années typiquement. Dans ce complément de rémunération, pour chaque unité d'électricité livrée sur le réseau, le producteur obtient un revenu qui est égal au tarif de référence qu'il a dans son appel d'offres, donc la cible de 110 € par MW/heure typiquement pour les parcs en Méditerranée. Ce complément de rémunération va venir compléter les revenus qui sont tirés de la vente de l'électricité sur les marchés de l'énergie.

Donc le coût de soutien qui est supporté par l'État, c'est la différence entre le niveau du soutien accordé dans les procédures concurrentielles notamment, et le prix du marché de l'électricité dont le niveau est très peu prévisible, d'autant plus à vingt ans. On peut toutefois procéder à des estimations avec des hypothèses de prix de marché. Là, l'estimation est réalisée avec une hypothèse de prix de marché de 50 € par MW/heure, ce qui était une moyenne observée sur les marchés récemment enfin, en début d'année, depuis, ça a quasiment doublé, donc effectivement, beaucoup d'imprévisibilité et s'agissant du tarif de référence, l'hypothèse de la cible de 110 € par MW/heure qui est présente dans la PPE. Donc pour un parc de 500 MW avec un productible de 4 000 heures par an de fonctionnement, on arrive à un coup de l'ordre de 60 millions d'euros par an, soit 1,2 milliard sur vingt ans. Voilà pour une idée du chiffrage. Dernier point important sur la façon dont le lauréat est sélectionné, on l'a dit à plusieurs reprises, les parcs éoliens en mer commerciaux sont attribués par appel d'offres et donc le fait d'être désigné lauréat ouvre le droit à conclure ce contrat et à avoir cette assurance sur les revenus pendant une certaine durée. Les critères d'examen des offres sont définis dans le cahier des charges qui est arrêté par la ministre chargée de l'énergie et la CRE va instruire ces offres. Le critère prix est prépondérant et c'est ce qui va permettre de minimiser le coût du soutien qui est supporté par l'État, puisque les différentes entreprises concurrentes pour réaliser le projet vont chacune réaliser leur plan d'affaires et arriver à un prix de l'électricité en euros par MW/heure et ce sont ces prix-là qu'on va

comparer et le plus faible qui va obtenir la meilleure notation. Outre ce critère prix, on inclut également d'autres critères pour prendre en compte, notamment les enjeux sociaux et développement territorial ou les enjeux environnementaux. Sur le développement territorial, c'est notamment des critères de cet ordre qui ont permis de préparer, d'avoir de nombreuses entreprises implantées en France et de préparer le développement de l'éolien en mer. Voilà sur le modèle économique de l'éolien en mer de façon assez rapide.

... **M. Étienne BALLAN**, Président de la CPDP

Je vous remercie beaucoup, Madame CHEMINÉE, pour votre intervention qui a posé un certain ordre de grandeur de façon très précise. Je voudrais juste préciser sur le coût, pour être bien au clair, vous avez estimé sur le complément de rémunération le coût pour le budget de l'État à un total de 1,2 milliard d'euros sur vingt ans, il s'agit bien pour un parc de 500 MW ou est-ce qu'il y a une différence s'il s'agit de deux parcs de 250, puisque c'est aujourd'hui ce qui est prévu en première étape ? Et deuxième question évidemment : est-ce que, du coup, pour regarder le prix de l'ensemble ensuite avec les extensions pour arriver à 1,5 GW, il suffit de multiplier par trois, ou non ? Question simple, mais à mon avis, importante pour que ce chiffre que vous avez donné très précis soit bien contextualisé.

... **M<sup>me</sup> Victoire CHEMINÉE**, Commission de Régulation de l'Énergie

Bien sûr, c'est à mettre en regard de la production du parc, donc si on considère les MW/heure qui vont être produits, a priori deux parcs de 250 MW produiront autant qu'un parc de 500 MW, on a bien une équivalence entre les deux. Effectivement, avec une extension de 500 MW, on double le montant de ce coût de soutien, à savoir que cette extension sera installée ultérieurement, donc à un moment où on attend une baisse des coûts par rapport à ce qu'on a vu là. Donc le coût du soutien devrait être inférieur à ce moment-là, au moment où l'extension serait réalisée.

... **M. Étienne BALLAN**, Président de la CPDP

Parfait, je vous remercie beaucoup. D'abord, une réponse très brève à Monsieur CORBEFIN qui demande si vous confirmez que le prix de vente du MW/heure des derniers parcs photovoltaïques était bien de 30 € le MW/heure, est-ce que vous confirmez cette donnée ?

... **M<sup>me</sup> Victoire CHEMINÉE**, Commission de Régulation de l'Énergie

Alors, pas en France, en France, on est plutôt à des coûts autour de 50 € du MW/heure.

... **M. Étienne BALLAN**, Président de la CPDP

D'accord, et donc 30, ce serait pour qui ?

... **M<sup>me</sup> Victoire CHEMINÉE**, Commission de Régulation de l'Énergie

Pour de grands parcs, je tiens à préciser pour les parcs de très grande taille, pour du petit photovoltaïque, donc du petit photovoltaïque implanté sur des bâtiments, sur les toitures, on est plutôt autour de 80, 90 € du MW/heure.

... **M. Étienne BALLAN**, Président de la CPDP

Parfait. Merci beaucoup, alors ensuite, nous avons une demande de parole de Monsieur LADSOUS, je crois, je vais lui donner la parole s'il veut bien s'exprimer.

... **M. Bruno LADSOUS**, TNE Occitanie Environnement

Oui, merci infiniment, bonjour Madame, merci pour votre intervention qui commence à clarifier un peu la question des coûts au niveau de la nation, même si je n'ai pas très bien compris votre réponse à la question de Monsieur BALLAN, pas complètement, je vous l'avoue. Ma question se décompose en deux points. Est-ce que dans les coûts de l'investissement initial où l'ADEME ne donne plus finalement dans sa version 2020 d'indication pour l'éolien offshore, est-ce qu'on peut garder ce qu'elle mettait dans sa disposition, dans son dossier de 2016, à savoir entre 6 et 9 000 euros par KW installé. Première question. J'imagine qu'on a un peu progressé depuis, mais c'est dommage, la version 2020 ne dit rien à ce propos.

Deuxième question, plus important encore peut-être, est-ce que l'on pourrait avoir – ce serait important pour la transparence et l'information du public – un plan d'affaires prévisionnelles type, éventuellement en fourchette décomposant très clairement les charges d'exploitation et finalement l'ensemble d'un compte de résultat, comme cela se fait d'ailleurs pour les opérations terrestres ? Ce serait vraiment intéressant et éventuellement à défaut, peut-être que Qair Marine qui semble être très en avance sur le modèle économique pourrait nous donner une indication. Ce serait vraiment précieux, parce qu'on a vraiment besoin, au-delà de ce que vous nous avez dit des coûts pour la nation, on aurait vraiment besoin d'avoir une vision claire du business plan, du modèle économique de cet éolien flottant.

... **M. Étienne BALLAN**, Président de la CPDP

Merci, Monsieur, merci beaucoup Monsieur LADSOUS. Peut-être d'abord une réponse rapide sur l'ADEME et les chiffres avancés par Monsieur LADSOUS, ensuite est-ce que la CRE dispose de ce type de document sur des business plans un peu plus précis, sur l'affectation des différents postes, les investissements et évidemment ensuite, des retours sur investissement ?

... **M<sup>me</sup> Victoire CHEMINÉE**, Commission de Régulation de l'Énergie

Merci de votre question, je vois qu'il y a une réponse de la FEE dans le tchat sur justement ces chiffres et je pense que les constructeurs effectivement seraient plus à même de communiquer là-dessus. Nous, on n'a pas vu ces chiffres-là dernièrement. Le moment où on va regarder le coût de l'investissement,

avoir les plans d'affaires de la part des constructeurs, des porteurs de projets, ça va être au moment de l'appel d'offres, c'est-à-dire quand on va aller instruire les offres et regarder quel va être le lauréat, c'est à ce moment-là qu'on va avoir les plans d'affaires complets coté Commission de régulation de l'énergie, sinon on ne les a pas avant. Donc je ne pourrais pas vous les communiquer, il faudrait plutôt donc demander du côté des producteurs.

... **M. Étienne BALLAN**, Président de la CPDP

Est-ce que néanmoins, comme vous avez pu le faire à une époque sur le prix moyen des appels d'offres où vous ne communiquiez pas les documents des candidats, mais vous faisiez une synthèse moyennante ou moyennée – je ne sais pas comment dire – de ce que vous aviez reçu, est-ce que ce sont des choses que vous faites et donc qui permettraient, je crois, pour traduire la question de Monsieur LADSOUS, qui permettraient d'avoir au moins une idée de la répartition, ne serait-ce qu'en pourcentage entre les différents postes et ce que représente chacun des postes économiques d'un projet.

... **M<sup>me</sup> Victoire CHEMINÉE**, Commission de Régulation de l'Énergie

Oui, tout à fait, mais ce serait quelque chose effectivement qui interviendrait dans un second temps, au moment de l'appel d'offres où on communique sur les offres qui ont été reçues et donc, ça arriverait peut-être un petit peu tard par rapport à l'information de l'équipe.

... **M. Étienne BALLAN**, Président de la CPDP

Je vous propose donc du coup de garder la question de Monsieur LADSOUS et de la renvoyer, peut-être pas tout de suite, mais en tout cas de la faire suivre aux industriels et notamment à la filière, de sorte que, Monsieur LADSOUS, on puisse vous répondre plus précisément sur la disponibilité ou non d'un document de ce type. Ensuite, je voudrais donner la parole, s'il vous plaît, à Monsieur GUIRAUD qu'il l'a demandée. Monsieur DARQUIN, je vous donne la parole un petit peu plus tard en conclusion de la réunion pour amener l'expérience Equinor et donc, Monsieur GUIRAUD d'abord, s'il vous plaît.

... **M. Olivier GUIRAUD**, Directeur général de Qair Marine

Simplement, pour répondre à Monsieur LADSOUS, votre question sur les plans d'affaires, la réponse, il faudrait pouvoir la préparer et faire quelque chose d'un peu pertinent, sinon, vous avez des infos qui existent en tout cas sur les fermes pilotes comme vous pouvez l'imaginer avec des fourchettes. Je vous renvoie aux décisions de l'Union européenne sur les notifications des aides dont ont bénéficié les fermes pilotes, vous trouvez ça assez facilement sur le site Internet de la C.E.E. Vous tapez des noms de projets : EolMed ou Provence Grand Large, et vous trouverez un peu les grands chiffres du projet détaillé dans leur plan d'affaires, en fait.

... **M. Étienne BALLAN**, Président de la CPDP

Merci beaucoup, Monsieur GUIRAUD, je relaye la réponse de Monsieur MONNIER de France Énergie Éolienne qui pourrait communiquer un état de l'art sur les tendances d'évolution des coûts de LCOE, puisque les études existent et elles sont disponibles notamment à l'Agence internationale de l'énergie. Merci, Monsieur MONNIER, on retient votre suggestion, et bien entendu, peut-être en précisant s'il s'agit simplement de tendances d'évolution des coûts ou s'il s'agit peut-être aussi de la structuration de ces coûts, puisque je pense que la question de Monsieur LADSOUS portait aussi là-dessus. Nous avons ensuite une question de Monsieur HARDY qui a été relayée par un autre participant sur la question des critères. Madame CHEMINÉE nous avait indiqué que le prix était prépondérant, est-ce qu'il y a néanmoins d'autres critères qui pourraient être envisagés dans les futurs appels d'offres ? Monsieur HARDY cite l'emploi local, les garanties environnementales d'éco conception, le suivi de collaboration scientifique et enfin la cogestion durable des ressources halieutiques avec les pêcheurs. Est-ce que ces différents critères peuvent être valorisés ou en tout cas pris en compte par la CRE dans son évaluation ?

... **M<sup>me</sup> Victoire CHEMINÉE**, Commission de Régulation de l'Énergie

Oui, tout à fait, comme je l'indiquais, le cahier des charges est arrêté par le ministère chargé de l'énergie et peut tout à fait comporter ce type de critères. Il faut que ce soit des critères qui restent relativement quantifiables, qu'il y ait une comparabilité des différentes offres sur ces critères. Mais c'est tout à fait possible d'inclure ces critères-là. Tout ce qui sera discuté pendant le débat public sera pris en compte par le ministère dans l'élaboration de son projet de cahier des charges et ensuite, il y aura une discussion, une concertation entre le ministère et les différentes entreprises sur ces critères-là, sur leur pertinence à l'issue de laquelle la CRE rendra un avis sur le cahier des charges qui est présenté sur ces différents critères pour veiller comme je l'ai indiqué à leur comparabilité et à leur aspect quantifiable. Mais c'est tout à fait les critères de cibles qui ont pu être intégrés dans le cahier des charges de Dunkerque, dans le cahier des charges des appels d'offres précédents. Je pense que vous pouvez retrouver ce cahier des charges en ligne pour voir quels étaient les types de critères.

... **M. Étienne BALLAN**, Président de la CPDP

Merci, sur ce point, je voudrais indiquer à Monsieur HARDY et à tous les participants que le débat public donnera aussi la possibilité de réfléchir et de faire des propositions sur l'élaboration d'éléments de rédaction du cahier des charges et sur le choix des critères, donc des propositions au ministère, effectivement s'il souhaite poursuivre son projet, qui sera évidemment le rédacteur du cahier des charges, nous aurons une réunion consacrée à ces questions au mois d'octobre. Je voudrais maintenant, Madame CHEMINÉE, je vais poser une question, mais à partir d'un de vos propos et si vous permettez, je vais ensuite rediriger vers Monsieur DARQUIN d'Equinor. Madame CHEMINÉE, vous avez dit – je n'ai plus les termes exacts – mais que normalement, les coûts de l'éolien flottant devraient rejoindre, converger, je crois que c'est le terme que vous avez employé avec l'éolien posé. Donc cette question, je vais la poser à Monsieur DARQUIN, au vu de ce qu'on a regardé depuis maintenant un peu plus de deux heures et je vous remercie pour votre patience, sur les différences entre l'éolien flottant et l'éolien posé, est-ce que véritablement cette convergence est possible, est-

ce que techniquement, véritablement il peut y avoir convergence des prix à terme et donc, Madame CHEMINÉE, je vous inviterai, après Monsieur DARQUIN, éventuellement à compléter sa réponse. Ensuite, nous clôturerons la réunion, on devrait avoir peut-être quelques minutes de retard. J'ai vu monsieur GUENNICHE qui veut prendre la parole, je vous donnerai la parole après l'intervention de Monsieur DARQUIN. Monsieur DARQUIN, la parole est à vous.

### ... M. Alexis DARQUIN, Oceole Equinor

Merci, Monsieur Balland. Je voudrais dire d'abord que chez Equinor, on a une longue tradition de transparence et de collaboration. Donc toutes les données de nos fermes pilotes sont disponibles pour étude de façon à faire progresser le plus rapidement la technologie. On a fourni un certain nombre d'éléments à la CPDP pour participer au débat public et on est aussi prêts à recevoir toutes sortes de questions spécifiques sur notre site Oceole.fr si besoin est. Par rapport aux coûts, je ne sais pas, vous pouvez peut-être présenter la slide, on a eu un certain nombre de discussions ce soir vis-à-vis des enjeux du développement, donc de la technologie de l'éolien flottant. Madame CHEMINÉE par exemple récapitulait les facteurs qui nous semblent prépondérants sur le coût de la technologie, à savoir les développements technologiques, le volume, mais aussi l'expérience et ce qu'on a vu sur nos fermes pilotes, c'est qu'on a diminué le coût de 70 % en partant du démonstrateur jusqu'au premier parc commercial et avec une augmentation de 50 % des volumes sur le deuxième parc, une diminution des coûts de l'ordre de 40 % de plus. Donc, si aujourd'hui on a des coûts pour l'éolien flottant qui sont supérieurs à ce qu'on a sur l'éolien posé, par rapport au chiffre une fois de plus qui était donné par Madame CHEMINÉE, on est de l'ordre de ce qui était proposé, de ce qui a été négocié sur les parcs posés qui avaient été attribués au début des années 2010.

Aujourd'hui, on a un coût de l'éolien en mer qui est inférieur à ce que disait Madame CHEMINÉE au prix du photovoltaïque à terre. Ce qu'on espère aussi voir avec les plans qui ont été mis en place en France, c'est de pouvoir continuer cet enseignement et cette expérience, à diminuer les coûts sur les parcs comme proposé de 250 MW de 30 % par rapport à ce qu'on est en train de mettre en place aujourd'hui. Si on continue sur cette courbe, ça nous permettrait de rattraper l'éolien posé d'ici dix ou quinze ans. Une fois de plus, ça veut dire qu'on aurait saisi l'opportunité de ces premiers parcs flottants en France et de leur développement pour permettre de développer une chaîne de sous-traitance et des compétences locales qui permettraient donc de capitaliser sur cette expérience et de faire baisser les coûts. Donc, notre vision chez Equinor, c'est effectivement qu'à l'horizon 2035 par exemple qui ne semble pas très éloigné, on arrive à une convergence des coûts de l'éolien flottant avec l'éolien posé et qui ont déjà aujourd'hui dans certaines zones des coûts de production qui sont inférieurs au cours du marché, donc ils peuvent être faits sans soutien de l'État. Pour ce qu'on est en train de construire en Norvège aujourd'hui par exemple, on a besoin du soutien de ce qui serait l'équivalent de la taxe carbone en France pour rendre ses parcs économiques. Voilà.

### ... M. Étienne BALLAN, Président de la CPDP

Merci, merci beaucoup d'avoir répondu à cette question de façon claire. Je voulais simplement rappeler que l'intervention aujourd'hui de l'ensemble des opérateurs des fermes pilotes et aussi d'Equinor

répondait aussi d'une demande de plusieurs participants dans les premières réunions de proximité qui souhaitaient vraiment avoir un éclairage des fermes pilotes nationales, mais aussi des fermes à l'international et donc c'est pour ça qu'on a sollicité Equinor au titre de Hywind. Je voulais déjà vous remercier pour votre disponibilité dans un temps court et puis nous satisfaire, nous, en tant que Commission en tout cas, qu'effectivement, le retour d'expérience soit bien une question posée à la bonne échelle, c'est-à-dire à l'échelle internationale, comme l'avaient demandé les participants. Madame CHEMINÉE et monsieur GUENNICHE. Alors, je vais peut-être donner la parole à monsieur GUENNICHE pour une question et puis éventuellement Madame CHEMINÉE, si vous souhaitez faire un complément à ce que vient de dire Monsieur DARQUIN, je vous laisserai prendre la parole. Monsieur GUENNICHE, Monsieur ou Madame, je ne sais pas, excusez-moi, comme je ne vous vois pas. Votre micro est toujours éteint.

... **M. GUENNICHE**, Participant

Vous m'entendez ?

... **M. Étienne BALLAN**, Président de la CPDP

On vous entend, absolument.

... **M. GUENNICHE**

Je suis assez pro éolienne, j'aime bien la dimension écologique du projet, mais c'est vrai que ces projets-là sont mis en danger par tous les gens qui considèrent que l'esthétique de l'éolien est discutable, leur visibilité. Et donc effectivement, dans les appels à projets, je trouve qu'il faudrait peut-être introduire une notion d'option d'invisibilité pour savoir effectivement quel serait le surcoût pour rendre ces éoliennes invisibles, soit en les mettant plus loin, soit en les faisant un peu plus petites, ce qui pourrait peut-être faire adhérer plus facilement la population à ce projet et de savoir si ça vaut le coup de payer un peu plus cher pour ne pas les voir.

... **M. Étienne BALLAN**, Président de la CPDP

Merci donc on revient, on va boucler un petit peu la boucle de cette façon avec votre question, Monsieur GUENNICHE, quel est finalement – si je devais la reformuler – quel serait l'impact sur le modèle économique d'un éloignement plus important des côtes ? Peut-être que, si je peux résumer et mettre en perspective votre question, Monsieur GUENNICHE, pour le moment, et on va terminer là-dessus, il est 20 h 03 et je vous propose vraiment qu'on termine. Madame CHEMINÉE, Monsieur DARQUIN, vous nous dites que finalement, si j'ai bien compris, les particularités de l'éolien flottant, la distance, les questions d'exploitation, le coût du flotteur, etc., enfin bref, l'ensemble de l'industrie qui est à développer et qui est forcément plus onéreuse que d'autres moyens, notamment à terre, est compensé ou sera compensé à terme par les gains de productivité de ces éoliennes et des effets d'échelle pour arriver finalement à peu près à un même coût ou un même prix en tout cas de l'énergie. La question qui vous est posée est très claire, est-ce que si on va plus loin à ce moment-là, cet équilibre est rompu

et est-ce qu'effectivement la distance en l'augmentant des côtes, est-ce que cette augmentation de la distance fait que cette convergence est caduque et qu'on restera à des prix plus élevés ? Merci Madame CHEMINÉE, Monsieur DARQUIN, une réponse très courte sur ce point. Monsieur DARKIN d'abord et puis Madame CHEMINÉE, je vous laisserai conclure.

... **M. Alexis DARQUIN**, Oceole Equinor

Oui, je dirais que l'expérience internationale qu'on a, c'est clairement non, ça ne rompra pas l'économie du parc ou du modèle, sous-entendu qu'on aura la possibilité d'avoir une taille de parc suffisamment conséquente pour permettre de compenser. On voit aussi les développements technologiques qui vont nous permettre de pallier ce type de contrainte. Je crois qu'aujourd'hui le plan français est bon dans le sens où on a cette approche par étapes avec les parcs de moyenne taille et qui sont près des côtes et de mon point de vue, le futur s'éloignera de la côte au fur et à mesure qu'on développera cette expérience et cette chaîne de valeur locale.

... **M. Étienne BALLAN**, Président de la CPDP

Merci beaucoup pour votre réponse très claire. Madame CHEMINÉE, je vais vous donner la parole pour conclure à la fois sur ce point, est-ce que la distance aux côtes maintient la convergence ou non des prix, mais il y a une deuxième question qui vient d'être posée et qui me semble faire un écho à ce que vous avez dit tout à l'heure, elle peut être formulée de façon très simple : pour quelle raison finalement ce sont les consommateurs via le TURP qui financent le coût du raccordement et pourquoi cette exception sur l'éolien flottant, pourquoi ce n'est pas le producteur d'électricité, comme vous l'avez dit, qui paye ce raccordement ? Monsieur LADSOUS en tire une conclusion pour dire que selon lui, du coup, la LCOE n'est pas le coût global, puisqu'il manque ce coût de raccordement et il mentionne également d'autres coûts environnementaux. Je vous demande de répondre à cette question, Madame CHEMINÉE, et puis après, nous devons clore notre réunion. On vous écoute.

... **M<sup>me</sup> Victoire CHEMINÉE**, Commission de Régulation de l'Énergie

Merci. Sur le rapport entre coût et éloignement des côtes, je n'ai pas forcément les éléments quantifiés, mais ce sera un arbitrage à prendre entre ces différents aspects. L'arbitrage sera pris finalement par le Gouvernement et effectivement, ça semble quand même assez naturel, malgré les éléments qui étaient apportés par Equinor sur le fait qu'on arriverait à compenser, etc. Ça semble assez naturel tout de même qu'en allant plus loin, ça va coûter plus cher, donc ce sera un arbitrage à faire là-dessus. Par ailleurs, sur le fait d'avoir différencié la partie réseau de la partie production d'énergie dans les coûts de l'éolien en mer, c'est intrinsèquement lié au fonctionnement de raccordement des éoliennes en mer qui est un projet à part entière mené par RTE. Donc c'est pour ça que ce choix a été fait de différencier les deux. On peut appeler ça un grand projet par rapport au raccordement d'un panneau solaire ou d'une éolienne à terre. C'est sans commune mesure, c'est pour ça que ça a été décidé ainsi. Après, effectivement, je pense que c'est quelque chose qu'il ne faut pas oublier, parce que c'est un facteur assez important. Sur Dunkerque par exemple, on parlait de 44 € par MW/heure pour la production d'électricité, il faut y ajouter 10 à 15 € de raccordement. Donc effectivement, je pense que c'est bien

de le noter et de ne pas l'oublier en route, puisque ça fait partie intégrante des coûts de l'éolien en mer et donc il faudra, j'avais une slide sur le coût du raccordement, mais là, j'avais dû l'enlever pour raccourcir ma présentation, mais il faudrait effectivement garder ça en tête, d'autant plus sur l'éolien flottant, comme on l'a vu, les coûts de raccordement vont être plus élevés, ou bien avoir une vision complète des coûts du projet.

### ... M. Étienne BALLAN, Président de la CPDP

Parfait, je vous remercie, beaucoup pour cette réponse et je vous invite, si vous le voulez bien à nous renvoyer la diapo complémentaire qu'on pourra mettre dans le diaporama, tout en précisant qu'elle n'a pas été présentée, du coup, elle viendra donner quand même des éléments de réponse par rapport à ces questions.

Il me reste à vous remercier à tous et à féliciter les 75 vaillants participants qui sont restés jusqu'au bout de cette réunion. On est désolés pour le petit retard pour la fin de notre réunion. Vous trouverez l'ensemble des éléments qui ont été dits, le tchat, évidemment la réunion a été enregistrée, elle peut être revue si les réponses à des questions ont été parfois assez compliquées, vous pourrez y revenir. Enfin, notre prochain rendez-vous sur le débat public, en termes de réunions, d'ateliers thématiques, ce sera la réunion du 6 septembre qui sera en ligne sur les questions d'énergie et de politique énergétique à travers la réflexion sur quel sera le monde de l'énergie et comment on produira, comment on consommera en 2050 ? Et puis je vous invite surtout à noter tout de suite dans vos agendas le 23 septembre, ce sera la suite de la réunion de ce soir où nous irons plus dans les détails sur le poids économique et la question des emplois et des formations qui sont liées à l'éolien flottant, mais aussi évidemment en comparaison avec d'autres secteurs économiques des deux régions sud PACA et Occitanie, donc le 23 septembre. Vous recevrez évidemment l'ensemble des informations via le site ou si vous êtes inscrits à la newsletter du débat.

Merci encore beaucoup à tous pour votre attention, merci à tous les intervenants qui ont fait un effort de clarté pour expliquer simplement des choses très complexes, et on espère que cette réunion vous aura permis d'avancer. Peut-être aussi pas seulement avoir des réponses, mais peut-être d'avoir maintenant d'autres questions que vous voulez poser en allant un peu plus loin. Ces questions, vous pouvez les poser bien sûr sur la plate-forme numérique du débat et vous y recevrez une réponse dans les 15 jours suivants par le maître d'ouvrage.

Encore un grand merci à vous tous et bonne fin de soirée.