

Compte-rendu intégral

Réunion publique

Samedi 18 janvier 2020 au Havre

Eoliennes en mer : aspects techniques et socio-économiques

SALLE/ADRESSE :	Port Center, 51 Chaussée John Kennedy 47, 76600 Le Havre
PARTICIPANTS :	170 personnes
DÉBUT > FIN :	14 h 10 à 17 h 30 (durée du REC : 3 h 20)
QUESTIONS-RÉPONSES :	13 questions

CPDP

M.	Francis	BEAUCIRE	Président de la Commission particulière du débat public
Mme	Mireille	HEERS	Membre de la Commission particulière du débat public
M.	Jean	TRARIEUX	Membre de la Commission particulière du débat public

Intervenants :

M.	Pierre	DUTHION	Chef de projet éolien en mer, EDF Renouvelables
M.	Stanislas	REIZINE	DGEC
M.	Jean-Baptiste	GASTINNE	Maire du Havre
M.	Antoine	RABAIN	Discutant, spécialiste de l'énergie
M.	Pascal	GALICHON	Directeur du développement durable, port du Havre
M.	Rémy	PRUD'HOMME	Professeur d'université émérite, économiste
M.	Frédéric	PETIT	Siemens-Gamesa
M.	Hubert	DEJEAN de la BÂTIE	Vice-Président du Conseil régional de Normandie
M.	Matthieu	MONNIER	Responsable du pôle offshore, France énergie éolienne
Mme	Gro	De SAINT-MARTIN	RTE
M.	Pierre	WARLOP	WPD
Mme	Anne	GEORGELIN	Syndicat des énergies renouvelables
M.	Adrien	THIRION	Commission de régulation de l'énergie
M.	Jérôme	RIBUOT	SAIPEM
M.	Cédric	TURNACO	Siemens Gamesa
M.	Jean-Luc	SALADIN	Conseiller municipal de la ville du Havre



M.	Grégory	PINON	Université du Havre, GDR CNRS
Mme	Hélène	HERZOG-STASI	Animatrice
M.	Philippe	GAY	Citoyen
M.	Benoît	RITTAUD	Association des climato-réalistes
M.	Nicolas	RENARD	Citoyen
M.	Olivier	BECQUET	Vice-Président du comité régional des pêches de Normandie
M.	Roger	SMADJA	AHCP et Écologie pour le Havre
M.	Maurice	BENOISH	Médiateur pour la pêche
M.	Roger	ROUSSELIN	Retraité
M.	Pierre-Antoine	GELAS	Ingénieur gestion de projet offshore pétrolier



Mme Hélène HERZOG-STASI, animatrice

Bonjour, vous êtes nombreux, merci d'être venus assister à cet après-midi de conférence et d'exposition sur le sujet de l'éolien en mer. Il fait beau, vous auriez pu trouver d'autres activités, ce sont les soldes, j'ai cru entendre aussi qu'il y avait un match de foot important aujourd'hui dans les environs contre Gonfreville. On avait peur éventuellement d'un défaut d'affluence, ce n'est pas le cas. Je me présente, Hélène HERZOG-STASI, je vais avoir le plaisir d'animer cet après-midi de mini-conférences sur l'éolien en mer, animer est un bien grand mot, je vais surtout être gardienne du temps, parce qu'il va y avoir un certain nombre d'intervenants à qui on a donné des contraintes importantes de temps et du coup, je pense que je vais être amenée souvent à leur dire : votre temps est terminé.

Vous le savez sans doute, depuis le 15 novembre et jusqu'au 15 mai, le public en général est invité à participer à un débat important qui interroge le projet de nouvelles éoliennes en mer au large de la Normandie en commençant par un parc d'un gigawatt qui équivaut environ à la consommation annuelle de 800 000 foyers. Projet, pourquoi pas, suivi d'autres. On se rappelle dans quel contexte ces projets interviennent. D'une part, la France s'est fixé comme objectif de porter la part des énergies renouvelables à 33 % en 2030 et d'autre part, vous avez sans doute entendu parler d'un outil de pilotage important de la politique énergétique nationale qui s'appelle la programmation pluriannuelle de l'énergie, cette PPE 2019-2028 localise le prochain projet de parc éolien maritime français dans la Manche entre Cherbourg et Le Tréport, parce qu'il s'agit d'une zone dont les conditions à la fois climatiques et socio-économiques sont favorables. Les questions posées au public portent à la fois sur l'opportunité de ce projet sur la zone d'implantation et précisons qu'il s'agit du premier débat de ce type situé aussi en amont d'un projet, puisque la zone d'implantation n'est pas encore définie.

Depuis la mi-novembre, nous sommes toujours dans la première phase de ce débat qui est destinée au partage de connaissances sur l'éolien en mer. L'objectif est de devenir sinon des spécialistes, du moins meilleurs connaisseurs de ces technologies. C'est donc l'objectif de cet après-midi à travers des exposés assez rapides qui se déroulent en parallèle d'un espace d'exposition qui se situe au premier étage. Je vous propose après les discours d'accueil de messieurs les élus, du Président de la CPDP et des maîtres d'ouvrage impliqués dans le débat public : n'hésitez pas à circuler au premier étage, pour que cet espace soit aussi utile. Chaque thème que je vous proposerai tout à l'heure sera introduit par un spécialiste de l'énergie qui posera les principaux enjeux et rappellera les questions qui se posent avant de commencer chaque sujet et évidemment, à la fin, je souhaite que vous ayez la parole et poser vos questions.

Monsieur GASTINNE, maire du Havre, nous sommes sur vos terres, on va parler beaucoup de mer aujourd'hui, je vous laisse nous accueillir.

M. Jean-Baptiste GASTINNE, Maire du Havre

Merci beaucoup. Madame la sénatrice, chère Agnès, monsieur le Vice-Président du conseil régional, cher Hubert, mesdames et messieurs les élus, mesdames et messieurs, je suis très heureux de vous voir si nombreux ici au Havre. Pas seulement parce qu'il fait beau aujourd'hui, parce qu'au havre, il fait tout le temps beau. Pas seulement parce qu'il y a une actualité très chargée au Havre, vous avez parlé du match de foot, mais il y a aussi un festival qui s'appelle le Goût des autres, un festival littéraire qui attire beaucoup de monde. Que vous soyez du Havre, de la communauté urbaine du Havre ou d'ailleurs, vous êtes ici les bienvenus pour ce débat public. Monsieur le Président de la Commission particulière du débat public, bienvenue à vous aussi, ici au Havre. Un sujet que beaucoup de Havrais suivent depuis longtemps, parce que ça fait très longtemps qu'on parle ici des parcs éoliens offshore avec un intérêt très marqué de la part du territoire du Havre sur ces sujets. Il y a déjà eu des débats publics sur ce sujet et vous avez raison de rappeler que ce débat public se déroule bien en amont en tout cas bien plus en amont que ce qui a pu se faire par le passé. Avant, on avait choisi la zone et on discutait à partir de ça. Là, le périmètre est très vaste, si j'ai bien compris, et il s'agit de réfléchir au meilleur endroit, soit au pluriel, soit au singulier, mais aux endroits les plus adaptés pour aménager un huitième parc éolien au large des côtes françaises, voire d'autres parcs éoliens.

Pour ce territoire, vous savez que les enjeux sont considérables, parce que vous êtes en bord de mer, parce que le Havre est une ville maritime, parce que le Havre a une vocation maritime affirmée depuis 500 ans et que tous les sujets maritimes – surtout en Manche – intéressent la ville portuaire du Havre, mais aussi parce qu'on est engagés. Engagés fortement derrière l'éolien offshore. Je viens de signer avec madame la Ministre Emmanuelle WARGON un pacte territorial de transition écologique et industrielle et le projet le plus abouti, celui qui nécessite



aussi le plus de financement dans ce pacte est celui qui permet d'aménager tout près d'ici, dans le domaine portuaire du Havre 35 hectares d'aménagements, de terre-pleins, de bords à quai, de postes à quai aussi pour accueillir une très grande usine Siemens Gamesa qui se prépare à équiper 5 des 6 parcs français déjà attribués. Donc, puisqu'il est question d'enjeux socio-économiques, il y a une nouvelle filière industrielle française qui s'implante en France et en particulier ici au Havre. Les parcs attribués vont voir les pales et les nacelles et une partie des mats fabriqués ici ainsi que les fondations gravitaires pour d'autres parcs. Nous sommes directement impliqués et à travers les choix qui seront faits au terme de ce débat public, c'est la possibilité pour toutes ces infrastructures d'assurer un plan de charge, une rentabilité et de l'emploi à long terme dans une filière que je crois d'avenir. D'autres intérêts économiques sont en jeu, vous en avez conscience. Bien sûr, la navigation maritime a son importance, quand on est dans un grand port, on est attentif aux conditions de navigation, surtout dans un espace comme la Manche qui est la mer la plus fréquentée du globe. Il faut évidemment préserver la navigation maritime et assurer sa sécurité. Je pense évidemment aux enjeux de la pêche qui est représentée ici au Havre et sur toutes les côtes normandes et même un peu d'ailleurs, nos voisins bretons. Voilà quelques-uns des enjeux.

Je salue cette démarche innovante qui consiste à travailler très en amont pour sélectionner les endroits les plus adaptés à l'intérieur de cette vaste zone pour aménager un ou plusieurs parcs éoliens. Merci beaucoup, bonne réunion. Je vous prie de m'excuser, parce que je suis attendu au stade Océane pour assister à la victoire de Gonfreville contre Lille.

Mme Hélène HERZOG-STASI, animatrice

Vous donnez au moins le coup d'envoi. Monsieur DEJEAN de la BÂTIE, vous êtes Vice-Président du conseil régional de Normandie. Ce débat public intéresse tous les citoyens français, comme tout débat public, mais évidemment un peu plus spécifiquement les Normands, puisqu'on a parlé de cette zone située entre Cherbourg et Le Tréport. On sait que la Normandie est une ardente défenseuse de l'éolien, que souhaitez-vous nous dire en introduction de cet après-midi ?

M. Hubert DEJEAN de la BÂTIE, Vice-Président du Conseil régional de Normandie

Bonjour à tous, Jean-Baptiste a salué tout le monde en ses noms et qualités, donc je ne le referai pas. La position de la Normandie est très simple, basée sur deux exemples. J'étais hier dans la Manche, on assiste dans ce littoral très exposé aux changements climatiques à une submersion de la mer dont le niveau moyen augmente, à des espaces sensibles d'eau douce qui sont en train de bouleverser la biodiversité. Il y a cet aspect auquel nous devons penser et après cette réunion, je pars à Étretat et je peux vous montrer des simulations, si nous ne faisons rien, de ce que deviendrait Étretat avec le réchauffement climatique. Les maires du littoral appellent : nous devons très rapidement prendre en compte ce qui nous arrive. Je peux vous amener faire un tour au bout du monde à Sainte Adresse, vous verrez ce qu'il se passe quand nous modifions nous-mêmes les équilibres climatiques. Il y a toujours eu des changements climatiques, nous sommes en train de les accélérer, c'est ce que nous devons arrêter et il faudra nous y adapter.

C'est dans cet esprit que la PPE a mis un peu d'accélérateur sur un domaine dans lequel nous étions nous, Français, les mauvais élèves de l'Europe, parce que nous avons les meilleures conditions et nous n'avons pas réussi à mener à bien notre projet – c'est ce dont il s'agit – et je dois dire que ça fait 12 ans qu'on y travaille. J'avais travaillé avec Jean-Louis BORLOO sur ce sujet et nous avançons très lentement par rapport aux autres pays européens qui eux font des choses intéressantes dans la transition énergétique. Nous devons arrêter de consommer comme nous le faisons des énergies fossiles et c'est en cela que nous soutenons le développement des énergies marines renouvelables. Je ne vais pas être trop long, je pense qu'on aura l'occasion de discuter. Bien évidemment, la mer est un endroit dans lequel il y a beaucoup d'activités, ça n'appartient à personne, ça appartient à tous et le but de ce débat public est bien justement d'arriver à organiser les activités de tous en mer. Il y a les activités de la pêche, les activités du commerce, du bâtiment, des gravières, etc. bien évidemment, il y a le grand problème de la biodiversité, tout ça doit être pesé, mesuré et donc, on doit éclairer les choix pour qu'on prenne le meilleur, le meilleur étant pour certains le moins mauvais.

Mme Hélène HERZOG-STASI, animatrice

Monsieur le Vice-Président, merci. Francis BEAUCIRE, à vous ce rôle important de Président de la Commission particulière du débat public. On rappelle que la CNDP est un grand chapeau qui constitue une CPDP pour chaque sujet où vous demande de travailler l'État. Vous êtes donc Président de cette Commission, qu'attendez-vous ? On sait que des débats publics ont eu lieu, le débat est loin d'être terminé, qu'attendez-vous d'un après-midi comme celui-ci ?



M. Francis BEAUCIRE, Président de la Commission particulière du débat public

Je vais vous répondre personnellement, mais tout d'abord, je voudrais vous remercier de nous accueillir dans votre ville et dans votre région. Ce que j'attends personnellement, je suis à peu près certain que mes collègues de la CPDP qui sont ici et qui ont conçu cet après-midi, Mireille HEERS qui est un peu en retrait et Jean TRARIEUX, seront d'accord avec moi. Ce que j'attends, c'est d'apprendre, comme vous, je l'espère, apprendre ; on ne doit jamais cesser d'apprendre, comprendre et ensuite, assister à des échanges entre vous et les intervenants qui vont nous permettre effectivement de nourrir ce rapport que nous devons faire au profit du maître d'ouvrage qui va venir s'exprimer. Deux mots de la Commission particulière du débat public, c'est une Commission indépendante, nous ne sommes pas des spécialistes du sujet, nous sommes là pour recueillir toutes les expressions, absolument toutes les expressions de tous les publics et les publics sont diversifiés. Parmi vous, il y a des gens qui sont simplement intéressés, d'autres qui sont concernés, impliqués, et puis il y a des gens impactés, des gens, des groupes, des professions. Nous sommes là pour recueillir toutes ces expressions de façon absolument indépendante du maître d'ouvrage. Je crois que c'est le fondement même du fonctionnement de ces CPDP. Voilà ce que je pouvais dire. Cet après-midi le thème est l'éolien comme filière industrielle. Ce sont des technologies généralement un peu innovantes, des métiers, des emplois, des formations et il y a aussi une dimension économique et financière. Chaque fois que nous nous déplaçons dans ce que nous avons appelé la guirlande des sites littoraux, du Tréport jusqu'à Cherbourg, nous abordons les choses sous un angle particulier pour petit à petit construire, un peu comme un peintre, en posant des touches de telle façon à avoir une image cohérente à la fin de ce débat.

Mme Hélène HERZOG-STASI, animatrice

Merci, monsieur le Président, vous m'aviez promis que vous feriez court, c'est le cas, et je vous redonnerai la parole à la fin de l'après-midi pour conclure, vous pourrez prolonger votre propos. Vous l'avez dit, ce débat public a deux maîtres d'ouvrage et je vais vous demander de les accueillir pour un mot d'introduction, toujours assez court. Stanislas REIZINE, vous êtes sous-directeur du système électrique et des énergies renouvelables au sein de la direction générale de l'énergie et du climat, la DGEC du ministère de la Transition énergétique et Gro de SAINT-MARTIN, vous êtes directrice de programme connexion d'éolien offshore au sein de RTE (Réseau de Transport d'Électricité). Madame, monsieur, pouvez-vous nous brosser rapidement les enjeux de ce débat public du point de vue des deux maîtres d'ouvrage que vous représentez ?

M. Stanislas REIZINE, DGEC

Merci beaucoup. Bonjour à tous, tout d'abord je souhaite remercier la CPDP de nous avoir permis de nous exprimer aujourd'hui et bien évidemment, l'ensemble des participants à cette journée pour leur présence.

Mouvements d'agencement sur l'estrade et dans la salle.

Mme Hélène HERZOG-STASI, animatrice

Voulez-vous venir au centre, ce sera peut-être plus confortable. J'en profite pour vous dire, parce que c'est un petit souci, vous êtes nombreux, on essaye de voir si on peut rajouter quelques chaises, les plus jeunes, n'hésitez pas à laisser la place à des personnes plus âgées. Monsieur REIZINE, excusez-nous.

M. Stanislas REIZINE, DGEC

Je vous en prie. En tout cas, je vous remercie d'être venus aussi nombreux aujourd'hui. Je souhaite vous donner quelques éléments très rapidement sur le contexte du débat public. La plupart des éléments a déjà été dite, nous nous inscrivons dans un contexte d'accélération des énergies renouvelables, aujourd'hui, on est aux alentours de 20 % dans la production d'électricité, le parlement a voté des objectifs qui prévoient de passer à 40 % en 2030. Il s'agit de doubler la production d'électricité en une dizaine d'années. Le parlement a souhaité insister particulièrement sur l'éolien en mer, parce que la loi énergie-climat qui a été votée fin 2018 prévoit que le gouvernement attribuera un gigawatt par an d'ici 2024. On a des objectifs ambitieux définis au niveau de la loi. Pour mettre en œuvre ces objectifs, le gouvernement dispose d'un outil déjà présenté qui est la programmation pluriannuelle de l'énergie qui décrit les modalités d'action du gouvernement pour les 10 prochaines années. Cette PPE a fait l'objet d'une longue concertation – deux ans d'échanges autour du projet – le processus arrive à son terme et prévoit un calendrier d'appel d'offres sur toutes les filières d'énergies renouvelables, y compris sur l'éolien en mer avec le lancement d'un projet un gigawatt en Normandie. En parallèle à cette planification énergétique, il y a une planification spéciale, c'est ce qu'on appelle les documents stratégiques de façades avec des discussions qui se sont terminées associant toutes les parties prenantes, des associations pour essayer de définir, une fois qu'on a pris une façade, quels sont les différents usages de la mer et comment les faire coexister.



Ça s'est traduit par l'identification de deux zones, des macro-zones qui ont identifié des vocations. Certaines ont été identifiées par les acteurs comme étant des zones propices au développement de l'éolien. Ce sont les deux planifications qui nous donnent le cap de notre débat public.

Le parlement a souhaité une modification extrêmement importante sur l'organisation de nos projets qui est de dire que ceux qui ont fait l'objet de débats publics avant, l'État avait choisi l'appel d'offres, il avait choisi la zone et les porteurs de projet, puis on débattait. En réalité, les enjeux du débat étaient quand même un peu plus réduits. Aujourd'hui, on est très en amont de tout ça, parce que l'appel d'offres viendra plus tard, à l'issue de ce débat et il tiendra partie des enseignements d'aujourd'hui, du rapport de la CPDP et s'en inspirera. On est sur une nouvelle procédure, c'est expérimental sur un nouveau projet pour lequel on attend beaucoup. L'objectif du débat public aujourd'hui est de déterminer la ou les localisations possibles pour le ou les projets. On tient dans cette réunion – je ne rappellerai pas tout ce qui a été dit, mais il y a un enjeu dans cette ville qui commence à voir le jour – on est dans un partage de connaissances pour rappeler que le maître d'ouvrage met à disposition du public des informations, des outils cartographiques disponibles sur internet qui permettent d'accéder à toutes les données de vent, de pêche, de navigation. Un dossier du maître d'ouvrage est sur internet avec des photos-montages fictifs. On a une équipe en haut à votre disposition pour répondre à toutes vos questions. J'en ai terminé pour la présentation, je vous souhaite à tous un bon après-midi et je serai là pour répondre avec plaisir à vos questions. Merci beaucoup.

Mme Hélène HERZOG-STASI, Animatrice

Et pour tendre l'oreille. Gro de SAINT-MARTIN, vous représentez ici l'opérateur qui s'occupe du transport d'électricité RTE, même question, même punition, quels sont les enjeux de ce débat ?

Mme Gro de SAINT-MARTIN, RTE

RTE est chargé de faire acheminer cette énergie produite en mer jusqu'au réseau public terrestre pour qu'il arrive chez vous finalement, pour que vous puissiez appuyer sur un bouton et avoir l'électricité dans de bonnes conditions de qualité et de sûreté. L'enjeu pour nous est de débattre avec vous sur les zones d'implantation du projet en mer, mais aussi à terre. Le rôle de RTE est non seulement de construire le raccordement, mais aussi de faire en sorte qu'il soit bien inséré sur le système électrique, c'est pour ça qu'on a identifié 3 postes électriques sur le réseau terrestre capables d'accueillir un gigawatt sur notre réseau. Un poste est situé au sud de Cherbourg, le second pas très loin dans la zone du Havre et le troisième au nord de Rouen. L'enjeu est de débattre avec vous sur la zone d'implantation du raccordement en mer et à terre jusqu'à ces 3 zones du raccordement. L'objectif aujourd'hui plus précisément est de partager les connaissances sur les aspects techniques, le poste en mer, le câble ensouillé en mer ou protégé, le câble terrestre, le poste électrique, un ou plusieurs. On est disposés à en discuter avec vous, on a un petit stand là-haut, vous pourrez toucher du doigt un câble, vous êtes les bienvenus. Sur la partie socio-économique, le deuxième sujet du jour, vous pouvez aussi monter discuter avec nous ou revenir plus tard, puisqu'il y a une mini-conférence sur les aspects socio-économiques. Merci à vous.

Mme Hélène HERZOG-STASI, animatrice

Merci beaucoup, je vais vous proposer de regagner vos places – si elles ont subsisté -, merci beaucoup. On va commencer ce cycle de 4 conférences qui se répartissent en 3 grands thèmes : les questions techniques, les questions de travaux et les questions économiques et enfin les questions de coût. À chaque changement de sujet, je vous propose d'introduire les thématiques avec un spécialiste des questions d'énergie, mais aussi d'océans qui est ici présent : Antoine RABAIN, vous avez travaillé sur le marché des énergies renouvelables depuis 2007 et vous avez fondé une société qui s'appelle Geckosphere, toujours dans le domaine du conseil en énergie renouvelable. Peut-être un mot complémentaire, pour qu'on vous connaisse un peu mieux et je vous demanderai d'introduire simplement notre premier sujet sur le comment fonctionne une éolienne, qu'est-ce que ça produit.

Conférence n° 1 – Le fonctionnement d'une éolienne

Antoine RABAIN, discutant

Merci de cette introduction, Hélène. Bonjour à tous, je ne sais pas si tout le monde est au fait du rôle d'un discutant qui est une notion très connue du monde académique. Mon rôle ne va pas être de prendre position, mais de partager avec vous un certain nombre d'enjeux qui me paraissent être des enjeux dimensionnants sur les thématiques qu'on va approfondir aujourd'hui et de lancer aussi le jeu des questions-réponses qui, à mon avis, est très important dans ce genre de rendez-vous. Effectivement, cette première table ronde va porter sur le fonctionnement d'une éolienne. Comme tu le disais, Hélène, ça fait 12 ans que je travaille sur ces dossiers. J'ai



3 mots clés dans ma vie pro et perso, c'est l'énergie, le climat et l'océan. À l'évidence aujourd'hui, il y a l'énergie et l'océan qui convergent, je salue totalement l'introduction faite de grande qualité en rapport avec des fondamentaux vis-à-vis du dérèglement climatique. L'océan, aujourd'hui, on peut le remercier, il absorbe 25 % du CO2 émis par les hommes, mais il subit beaucoup de menaces : l'acidification, la désoxygénation, beaucoup de choses sur lesquelles il va falloir travailler, mais c'est aussi un terrain d'opportunités extraordinaires si on arrive évidemment à maîtriser les impacts de ce projet. La première introduction va vous être faite par Gregory PINON, tu peux t'associer à nous d'ores et déjà. La question est extrêmement vaste, vous allez voir, Gregory a un challenge qui est de vous résumer ça en 10 minutes top chrono, ou un peu plus.

Mme Hélène HERZOG-STASI, animatrice

Non, non, pas un peu plus, 10 minutes !

Antoine RABAIN, discutant

Pas plus. J'attire votre attention quand même pour regarder des sujets plus larges que les seules éoliennes en mer, on observe sur ces technologies une dynamique d'innovation qui est assez extraordinaire. Moi qui ai une signature d'optimiste depuis des années sur ce sujet, beaucoup de choses qu'on a pu annoncer il y a 5 ou 10 ans ont été largement dépassées aujourd'hui, plus vite que prévu. Gregory va vous parler de la course à la puissance et des tailles en dimensions et en puissance de ces objets. Ça va avoir des impacts sur le nombre d'éoliennes qu'on va mettre pour aller chercher un gigawatt de puissance, ça va avoir un impact aussi sur la visibilité de ces tours Eiffel en mer, mais il y a beaucoup d'avantages à aller chercher cette puissance, notamment en termes de rendement. Gregory va vous donner des chiffres, mais en mer, on produit deux fois plus avec la même unité de puissance à terre. C'est l'intérêt de cette filière.

Mme Hélène HERZOG-STASI, animatrice

On rappelle que vous êtes maître de conférences à l'université du Havre, donc un régional de l'étape.

Gregory PINON, Université du Havre, GDR CNRS

Bonjour, au niveau du temps, je vais faire plutôt 12 minutes 30, je me suis enregistré plusieurs fois. J'interviens en tant qu'Université du Havre, mais aussi au niveau du GDR CNRS sur les énergies marines renouvelables. Aujourd'hui, je vais vous présenter les éléments, mais je voudrais surtout faire un rappel sur le réchauffement climatique, j'ai pris un cas qui m'a marqué dernièrement, j'ai trouvé ça dans le petit quotidien que mes enfants reçoivent entre 6 et 10 ans. On voit que le 2 novembre, une image de la mer de Glace – un des gros glaciers connus en France – l'image de 1919 et l'image de 2019. Plusieurs centaines de mètres ont disparu. C'est un cas parmi d'autres, il y en a plein. C'est la réalité du changement de climat en ce moment.

Pour essayer de faire quelque chose, il faut baisser ces gaz à effet de serre, on n'a pas le choix. Donc, j'ai voulu prendre les résultats de la première phase de Kyoto, ce qu'on appelle le Kyoto 1 qui s'arrêtait en 2010 ou 2012, j'ai pris les variations d'émissions de gaz à effet de serre par pays européens entre 1990 et 2013 comparés aux objectifs que les états s'étaient fixés d'obtenir en 2010. On voit globalement qu'il y a de très bons élèves, en vert c'était les objectifs, en rouge, ce sont les variations obtenues. Les très bons élèves : la Suède et les très mauvais comme l'Autriche par exemple qui avait un objectif de baisse et qui a finalement augmenté ses émissions. Maintenant, je vais essayer de focaliser sur la France où on voit un objectif de stabilisation, et au final, on a fait un peu mieux, on a fait moins 12 %, 12,5 %, je crois. L'autre pays que je veux vous montrer est le Royaume-Uni qui avait un objectif de moins 12 %, et qui a fait moins 29 % en 2013. Ils ne sont pas beaucoup plus loin que nous, ce sont nos meilleurs amis, comment ont-ils fait ? Il y a beaucoup de choses.

Un point sur lequel je veux revenir, c'est l'utilisation de l'énergie décarbonée. Ils ont mis le paquet sur les énergies renouvelables et vous voyez de 1990 jusqu'en 2018, l'évolution, le pourcentage de production électrique renouvelable, ils sont passés de l'ordre de 3 % en 1990 jusqu'à 35 % en 2018. On peut se demander comment ils ont fait ça, ils sont assez balaises. Une des raisons, c'est l'éolien offshore. La Grande-Bretagne au sens large est le champion de l'éolien offshore et du renouvelable. Ce graphe, ce sont les données que j'ai reprises du GWEC, c'est un organisme qui fait référence au niveau mondial sur les énergies éoliennes, vous voyez ici en bleu foncé, c'est l'état de la puissance installée en 2016 et en bleu clair, la puissance installée en 2017. On voit que les grands champions sont les Anglais avec à peu près 1 680 mégawatts installés. En second, on trouve l'Allemagne, on est proche, puis la Chine, on ne les attendait pas forcément là, mais de gros efforts dernièrement, c'est eux qui ont les plus grosses augmentations, le Danemark, pays historique de l'éolien et de l'éolien offshore, les Pays-Bas, la Belgique, bref, on cherche, tiens, on voit les États-Unis en 2016, 30 mégas installés et la France, on n'avait rien en 2016 et on a 2 mégawatts en 2017 au niveau des Pays de la Loire.



On voit que la Grande-Bretagne a fait un bel effort, mais la question est : si on veut un gigawatt, qu'est-ce que ça va produire ? Un gigawatt, c'est de la puissance et on veut de l'énergie, donc il faut essayer de faire le lien. Je vais essayer de voir la consommation d'un chauffage classique à bain d'huile. Imaginons qu'on laisse ce chauffage qui fait 1 kW, on le laisse chauffer pendant toute une année, c'est-à-dire 8 760 heures. Donc, si on le laisse allumé à fond toute une année, ce chauffage va consommer 8 760 kW. Si on regarde le facteur de charge, comme il était à fond, il a fonctionné à 100 %. Si on veut savoir la production d'une éolienne d'un mégawatt, c'est bas, mais c'est juste un cas d'école, pour calculer, il faut une ressource en vent, j'en ai imaginé une pas loin de la réalité, c'est encore un cas d'école. En abscisse, j'ai représenté les vents qu'on observe fréquemment dans nos zones de 0, 1 ou 2 mètres par seconde, jusqu'à 26 mètres par seconde, voire plus. En ordonnée, c'est le pourcentage de temps de vents sur ce site. Celui qui est le plus fréquent est de 5 à 6 mètres par seconde que l'on a 19 % du temps en moyenne sur ce site donné.

Pour produire avec une éolienne, il faut la concevoir. On peut caractériser le fonctionnement d'une éolienne par cette courbe, ici c'est une éolienne d'un mégawatt et en ordonnée, j'ai représenté le pourcentage de puissance qu'elle produit en fonction du vent. On se doute bien que quand le vent est à zéro, l'éolienne ne va pas produire. Après, quand le vent augmente, sur cette éolienne d'école, aux alentours de 7 à 8 mètres par seconde, elle produit 25 % de sa puissance totale, c'est-à-dire 250 kW pour une éolienne d'un mégawatt. Si on augmente le vent, l'éolienne arrive à son maximum de puissance, c'est-à-dire 100 %, donc, un mégawatt. Enfin quand on arrive dans des cas de tempête, on la met en sécurité, on l'arrête. La ressource en vent, l'éolienne, il faut combiner les deux. On a dit que quand il n'y a pas de vent ou très peu de vent, l'éolienne ne produit pas et sa production est de zéro. S'il y a un vent modéré, les conditions sont assez fréquentes, on voit que ça ne produit pas beaucoup et si on regarde l'énergie produite, ce n'est pas là où ça produit le plus – sur ce cas d'école, encore une fois. Quand le vent devient fort...

Panne du micro de monsieur PINON.

Mme Hélène HERZOG-STASI, animatrice

Je vous passe mon micro.

Gregory PINON, Université du Havre, GDR CNRS

C'est le pourcentage pour ces vents, l'éolienne fonctionne à son maximum de puissance et elle produit le maximum d'énergie. Enfin, quand les conditions de tempête arrivent, on a dit qu'il faut protéger les équipements et on les met à l'arrêt. Si on regarde sur une année complète, toute l'énergie produite est la somme des énergies produites sur l'année. En faisant le calcul sur ce cas d'école, cette éolienne d'un mégawatt a produit 3 269 MWh. C'est comme si elle avait fonctionné 3 269 heures à pleine puissance. On pourrait calculer le ratio : 3 269 divisé par 8 760 – total d'heures sur une année – ce qui fait un total de 37,3 %, ce qu'on appelle son facteur de charge. Pourtant, elle n'a tourné que 83 % du temps, pas tout le temps à pleine puissance, c'est ce qui fait la différence entre le pourcentage de temps où elle tourne et le facteur de charge pleine puissance qui est ce chiffre ici.

Maintenant, la question est de savoir si on fait un nouveau parc d'un gigawatt, combien va-t-il produire ? Il faut avoir les vraies données des facteurs de charge. Les facteurs de charge d'une éolienne dépendent du site, de la ressource en vents, de la conception de l'éolienne et de l'implantation, s'il y a une topographie complexe ou encore des interactions entre éoliennes... Les facteurs de charge d'une éolienne sont de l'ordre de 20 à 25 % en terrestre – on-shore – et de 40 à 45 % en mer, voire plus. Ça correspond aux valeurs qu'a données Antoine avec deux fois plus en mer que sur terre.

Pourquoi on produit beaucoup plus en mer ? Déjà, les vents sont plus réguliers et généralement plus puissants, les marins pourraient vous le dire. Il n'y a pas de topographie complexe – c'est plat -, il y a moins d'interaction entre les éoliennes, puisqu'on peut les éloigner un peu plus et aussi parce qu'il y a une sorte de course à la puissance et à la taille qui augmente, ça produit plus. J'ai donné quelques diapos pour montrer l'augmentation de la taille des éoliennes. En 1945, une éolienne type était de l'ordre de 0,5 mW avec un diamètre de retors de l'ordre de 15 mètres, j'ai mis une image de maison à 2 étages, mais c'est encore trop grand. Au fur et à mesure des années, les tailles d'éoliennes ont augmenté pour arriver en 2005 à environ 5 mW avec une taille de retors de l'ordre de 120 mètres, puis j'ai pris un exemple d'éolienne 6 mW 150 k de Siemens – c'est un exemple parmi d'autres – et on voit ici la taille du retors qui est à peu près de l'ordre de l'envergure d'un A380. Ce sont des grandeurs qui augmentent. Cette éolienne est de 6 mW. Ce n'est pas fini, les tailles d'éoliennes augmentent encore. La dernière produite, la plus grosse au monde actuellement, c'est Haliade-X 12 mW produite par General Electric. Vous voyez la taille qui est de l'ordre de 260 mètres, on voit la comparaison avec la tour Eiffel ou l'Empire State Building, ce sont des géants des mers de 12 mW par unité. L'Haliade, c'est General Electric, mais la nacelle



a été construite dans les Pays de la Loire et les pales ont été fabriquées à Cherbourg. Cette éolienne qui tourne à Rotterdam – son site d’essai – a été produite en France. On est au Havre, on peut parler de Siemens Gamesa, le nom exact étant SGRE devrait s’installer au Havre pour faire des nacelles et des pales. En France, en local, on a des choses qui vont se passer.

S’il y a un parc offshore d’un gigawatt offshore, si on part sur un facteur de charge de 45 %, on a dit que c’est ce qu’on trouve en moyenne actuellement et on les améliore, c’est assez conservateur comme chiffre. Un gigawatt fois 8 760 heures fois 45 % égale 3 942 gigawatts/heure, soit un total de 4 térawatts/heure. Ça correspond globalement, si je prends la consommation électrique de Normandie moyenne par an entre 2015 et 2018 – données reprises de RTE – c’est de l’ordre de 26,5 térawatts/heure. Les 4 térawatts/heure représenteraient à eux seuls 15 % de la consommation électrique de Normandie. Un parc représenterait 15 % de la consommation. Je vais conclure pour ne pas trop dépasser,

En conclusion, pour un parc éolien d’un gigawatt produirait beaucoup. Nous avons et nous aurons de l’industrie – donc de l’emploi – en France et plus précisément au Havre. Ceci concerne la fabrication, mais il y a aussi les opérations portuaires, la maintenance, il y a d’autres travaux importants liés. Si nous n’en sommes pas convaincus, je voudrais juste rappeler qu’il y a d’autres pays qui sont partis, les Britanniques, l’Allemagne, les Chinois, les Américains. En France, on a parfois le syndrome de laisser le train partir et après, de se dire que c’est dommage, qu’il est un peu trop tard. Je tiens juste à vous dire qu’on sait, on a les connaissances, il ne faudra pas laisser le train partir. Le renouvelable, et notamment l’éolien offshore, on n’en a pas parlé, mais il y a le flottant qui arrive, a une influence importante sur les émissions de gaz à effet de serre et les coûts deviennent très compétitifs. J’en arrête là.

Mme Hélène HERZOG-STASI, animatrice

Parfait, merci, monsieur PINON. On est vraiment dans l’essence même d’un débat public, pluralité aussi de points de vue. Évidemment, vous aurez la parole, vous verrez qu’il y aura d’autres points de vue sur l’éolien. Je vous demande d’accueillir Pierre DUTHION.

Demande de parole hors micro dans la salle.

À la fin de l’exposé de monsieur DUTHION, c’est uniquement pour des questions d’organisation, mais oui, après. Monsieur DUTHION, vous travaillez chez EDF Renouvelables, vous êtes chef de projet éolien en mer sur le site de Fécamp. Vous allez justement prendre l’exemple de ce parc de Fécamp pour nous expliquer comment on aménage un parc par rapport à la zone dont la recherche va alimenter ce débat public.

Pierre DUTHION, Chef de projet éolien en mer, EDF Renouvelables

Bonjour à tous. Effectivement, on va avoir du mal à résumer en 10 minutes plusieurs années de travail, donc on a fait le choix d’être assez simple et on va illustrer avec l’outil mentionné tout à l’heure, un outil cartographique mis à disposition. Le travail très sommairement : identification de la zone de Fécamp et les emplacements des éoliennes. On connaît le résultat pour ce site-là. Le contexte réglementaire est différent, le principe est simplement que à Fécamp, le débat public a eu lieu après désignation du lauréat et donc, après la définition d’une zone et d’un projet. Là, vous êtes beaucoup plus tôt, vous êtes dans la phase où il faut trouver une zone. J’ai fait des impressions d’écran de l’outil que vous avez à disposition en ligne, j’ai zoomé sur la zone de Fécamp. C’est un travail cartographique nécessaire et utile, mais insuffisant, ce ne sera jamais suffisant de travailler sur carte, il faut échanger avec tous les acteurs pour tout ce qui ne se met pas sur une carte.

On voit quelques lignes, la bleue, ce sont les 3 000 nautiques et la suivante, ce sont les 12 000 nautiques. C’est déjà un paramètre, parce que quand on a démarré ce projet de Fécamp, la réglementation n’était pas prête pour qu’on aille au-delà de ces 12 000 nautiques, il fallait rester à l’intérieur. Ensuite, on regarde les données techniques, je vais en prendre juste quelques-unes en termes d’illustration. Ce sont principalement les données radar. On a le sémaphore de Fécamp situé sur ce point jaune avec plusieurs cercles autour. Le premier cercle va être une zone de protection, les éoliennes gêneraient le fonctionnement du radar. Au-delà, jusqu’à 30 km, on voit ce grand cercle qui va assez loin, 30 km de coordination et là, pourquoi pas, mais il faut discuter et voir de quelle manière ça peut se faire. On voit aussi très bien le chenal d’accès et la zone de mouillage pour le port d’Antifer. Vous avez également une zone défense baie de Seine, la grande partie est à l’ouest, et puis ce grand cercle qui est ma zone réglementée pour les approches en avion par rapport à l’aérodrome du Havre. On voit également une partie hachurée en haut, c’est une zone tampon par rapport au DST, le fameux rail, l’autoroute des navires qu’on a un peu plus au large. Voilà déjà quelques paramètres.



Sur la slide suivante, je vous ai mis juste quelques éléments présents sur le fond marin, les épaves par exemple, on voit un ensemble de points et parfois des périmètres de protection autour de ces épaves. Ceci n'empêche pas d'en trouver de nouvelles lorsqu'on fait des études détaillées sur le site, ou d'avoir des découvertes plus archéologiques également.

L'aspect patrimonial est principalement littoral, on voit bien les falaises d'Étretat, les différentes valleuses, ça va être directement en lien avec les aspects paysagers lorsqu'on va commencer à travailler sur l'emplacement du site et sur l'emplacement des éoliennes. Sur l'aspect socio-économique, j'ai fait très léger, parce que c'est complexe. Je vous ai mis simplement une des cartes à disposition, c'est la synthèse de l'activité nautique moyenne sur l'année 2018. Vous imaginez bien que là, c'est une situation figée et qu'il faut aller regarder dans le détail sur toutes les activités pour pouvoir mieux comprendre comment ça se passe. On voit deux zones cependant qui sont bien identifiées, ce sont les concessions déjà existantes pour les extractions de granulats. Je suis passé vite sur les épaves, vous avez aussi les câbles en fonctionnement et les câbles historiques, il y en a qui traversent en mer, on les voit. Ensuite, vous avez toutes les données environnementales, elles se superposent, il va falloir que vous décochiez chacun de ces enjeux et ensuite, ça ne suffira pas, vous avez simplement une couleur sur une carte, il s'agira de savoir pourquoi cette zone est sensible et quelles sont les espèces ou les habitats.

On n'a pas parlé du vent, mais ça semble une évidence, il faut effectivement beaucoup de vent. Généralement, sur la partie Manche, on est assez bien lotis, néanmoins, quand on s'éloigne un peu de la côte, on a plus de vent. La bathymétrie est également intéressante et très utile ainsi que la typologie des fonds, le visuel correspond à la profondeur d'eau qui, du fait de la limite des 12 000 nautiques, sur le site de Fécamp sur lequel on travaille, on est sur 25 à 35 mètres de fond. Ces éléments cartographiques se font bien sûr en parallèle d'une concertation. Le projet a été initié en 2007, il y avait un comité local de concertation dans lequel un ensemble d'enjeux a été discuté. La capacité de raccordement, vous verrez que vous avez des postes, mais il faut voir aussi s'il y a la disponibilité pour s'y raccorder et s'il faut les renforcer avec la possibilité de le faire. Les intégrations paysagères, il faut travailler, je crois qu'un exercice de photomontage a été mis en place qui donne les premiers éléments, mais il faut échanger avec les personnes qui connaissent ce paysage. Sur le cas de Fécamp, il a été identifié avec le comité local de concertation que les éoliennes, OK, mais à plus de 10 km, et même plus de 15 km d'Étretat. Ça définit déjà des critères.

Ensuite, les activités non cartographiées ou évolutives, usagers de la mer, si je prends l'exemple de la pêche, ce n'est pas facile de la mettre sur une carte. Il faut aller voir avec eux, parce que suivant leur métier, la période de l'année n'est pas la même, les métiers évoluent dans le temps. Sur le projet de Fécamp, les activités à l'origine du projet et celles d'aujourd'hui ont changé. C'est évolutif en permanence. La sécurité maritime, c'est la priorité, c'est travaillé avec la Premar (Préfecture Maritime), en concertation avec les autres acteurs. Si on parle de ces sujets au sein des parcs, il faut travailler ensemble, sinon, ça ne fonctionne pas. Les routes maritimes sont naturellement concernées. Les zones de 12 000 nautiques avec le domaine public maritime, les ports, c'est bien d'avoir un parc éolien, mais ce n'est pas mal d'avoir des ports pour les construire. Les fondations gravitaires de Fécamp seront construites au Havre ainsi que les éoliennes qui seront acheminées ensuite. La base de maintenance est à Fécamp, le port le plus proche qui n'a pas besoin de la dimension du Havre, ce sont de plus petits navires qui amènent le personnel de maintenance.

Les autres grands projets du territoire, pour vous donner un exemple en lien au patrimoine, il y a un travail de labellisation grand site dans lequel on s'est intégré dès le début et avec lequel on continue à travailler.

Donc, première étape, on a réussi à trouver une zone qui se trouve entre 6 000 et 12 000 nautiques. Conclusion, c'est une zone de moindre contrainte, puisque les zones sans aucune contrainte n'existent pas, mais c'est une zone qui a été acceptée par une majorité d'acteurs, en considérant justement tous ces enjeux. Pour le positionnement des éoliennes, vous connaissez les grands composants, les éoliennes, la fondation qui va avec, les câbles qui relient les éoliennes, le poste électrique et les câbles de raccordement jusqu'à terre.

On fait des études détaillées sur toute la zone, toutes les études sont très larges, on n'a pas forcément le détail qui permet de zoomer. Par exemple : typologie de fonds qui sont trop meuble pour envisager d'y poser une fondation gravitaire. Vous avez aussi les sensibilités environnementales, vous pouvez avoir une épave sur laquelle vous allez éviter de poser vos fondations. Ensuite, pour la distance entre les éoliennes, plusieurs facteurs sont dimensionnants. Le vent : on va éviter de mettre les éoliennes les unes à côté des autres dans le même axe du vent, car au fur et à mesure de la rangée ça ne produira pas. La distance entre les éoliennes est dépendante de la dimension du rotor, l'espace est entre 6 et 7 entre les éoliennes. Vous avez également ce qui est lié au courant qui peut être lié aussi aux usagers. Pour la pêche, un travail a été fait à Fécamp où il y avait une logique



de pêche dans l'axe du courant, donc les éoliennes ont été alignées dans cet axe. Ensuite, toute la partie intégration paysagère, double alignement sur Fécamp, également au regard d'Étretat pour avoir en visuel une emprise plus faible sur l'horizon. Il y a environ un kilomètre qui sépare les éoliennes sur le site de Fécamp. Une fois passées les éoliennes, il faut regarder aussi les câbles qui sont dépendants de la position du poste électrique. Il y avait deux scénarios, un avec le poste en plein centre – les alignements de câbles ne sont pas les mêmes – le choix fait avec les acteurs a été de placer le poste au milieu complètement à l'est pour aligner les câbles dans le sens du courant pour envisager une possibilité de pêche au sein du parc sur cette partie, une autre partie n'est pas possible pour la pêche, puisqu'il y a des câbles au fond.

Ensuite, on peut regarder les scénarios tout en haut, ils sont un peu petits, je suis désolé. Il y a eu plusieurs scénarios sur ces logiques d'alignements répétés. Celui qui a été retenu est celui du milieu avec un éloignement à la côte.

Mme Hélène HERZOG-STASI, animatrice

C'est parfait. C'est un exercice difficile, c'est beaucoup de compétences, d'expertise résumées en peu de mots. Vous avez de la chance, parce que dans les grands congrès scientifiques, il y a une petite lumière rouge qui s'allume 15 secondes avant la fin de l'exposé et après, on coupe les micros. On passe aux questions, vous avez une question, monsieur, je ne l'ai pas oubliée, elle s'adressait à notre universitaire.

M. Philippe GAY

Je voulais savoir, dans le bilan de production, compte tenu de l'expérience des parcs étrangers qui sont importants maintenant, quel est le temps moyen d'immobilisation des éoliennes, combien sont réellement disponibles pour les facteurs de maintenance qui les immobilisent ?

Gregory PINON, Université du Havre, GDR CNRS

C'est-à-dire le temps d'arrêt pour maintenance

M. Philippe GAY

Vous avez parlé d'une éolienne isolée, mais ce sont des parcs, il y a de nombreuses éoliennes dont certaines vont se trouver endommagées, à l'arrêt pour maintenance, donc le parc de 60 éoliennes n'a pas la productivité de 60 éoliennes.

Gregory PINON, Université du Havre, GDR CNRS

Je comprends votre question.

M. Philippe GAY

De même, ce qu'a dit votre collègue, on pourrait aussi parler d'une éolienne isolée qui n'a pas le même rendement que des éoliennes en groupe qui se mangent le vent les unes des autres.

Gregory PINON, Université du Havre, GDR CNRS

J'en ai parlé, les effets d'interaction, effectivement, je ne suis pas rentré dans les détails des disponibilités des éoliennes. Pour le coup, je ne voudrais pas donner de valeurs, je pense que dans la salle, il y a des gens qui sont beaucoup plus au fait que moi sur les temps de disponibilité. Je ne l'ai pas pris en compte, mais ça ne va pas changer radicalement les données.

Mme Hélène HERZOG-STASI, animatrice

On va regarder dans quelques minutes un petit film qui nous explique comment on assure la maintenance des éoliennes. Je ne sais pas si ça répondra à votre question, mais est-ce qu'il y a un spécialiste dans la salle qui pourrait répondre ? Monsieur PRUD'HOMME.

M. Rémy PRUD'HOMME, Économiste, professeur d'université émérite

J'ai regardé ce qu'il se passe au Royaume-Uni. Vous nous avez dit que c'était l'exemple le plus frappant. J'ai rapporté la production annuelle à la puissance annuelle et on en déduit un facteur de charge de 37 %, pas de 45 %. Il semblerait que cette différence corresponde au problème qui vient d'être évoqué. Il faut se méfier du 45 % qui est théorique et mieux vaut se reposer sur l'exemple britannique, d'autant plus qu'il y a davantage de vent sur les côtes britanniques que sur les côtes normandes, même s'il est vrai qu'il s'agit d'un parc qui a quelques années, alors que là on parle d'un futur parc. Je pense que ce chiffre de 37 % est plus raisonnable que celui de 45 %.



Gregory PINON, Université du Havre, GDR CNRS

Je peux me permettre ? Quand vous dites que vous avez fait ce rapport de charge par rapport à l'Angleterre, vous avez bien pris que l'offshore et vous n'avez pas analysé toutes les capacités on-shore, offshore. OK. Après, il y a un autre aspect, c'est qu'il y a pas mal de parcs expérimentaux, notamment, le parc flottant au niveau de l'Écosse, eux ont des phases d'arrêt parce qu'ils sont expérimentaux. Je vais juste donner une valeur que je connais, c'est Enercom qui ne fait pas d'offshore, Enercom garantit pourtant 97 % de disponibilité, s'ils n'ont pas les 97 %, ils payent. C'est une disposition d'un fabricant on-shore.

Mme Hélène HERZOG-STASI, animatrice

Pour la partie des questions, je vous demanderais de vous présenter, puisque tout cela va être résumé dans des comptes-rendus et des synthèses.

M. Frédéric PETIT, Siemens Gamesa

Frédéric PETIT, Siemens Gamesa, peut-être juste pour éclairer en termes de taux de disponibilité, effectivement, le taux d'indisponibilité est de l'ordre de quelques pour cent, 2 à 3 % d'indisponibilité. En ce qui concerne le facteur de charge, je n'ai pas le chiffre en tête, mais 37 % est tout à fait possible entre le début des premières éoliennes moins performantes que maintenant. En ce qui concerne le projet WIN qui a été cité, soit les derniers mois de 2017, on est sur un facteur de charge de 58 %. Effectivement, ça peut être au-delà, comme le disait monsieur PINON. Un exemple ne fait pas une règle, néanmoins, on travaille tous en tant que constructeurs pour avoir de facteurs de charge supérieurs à 45 % pour les nouvelles éoliennes.

M. Jean-Luc SALADIN, Conseiller municipal de la ville du Havre

Docteur SALADIN, conseiller municipal de la ville du Havre, en charge du transport écologique. Je voudrais demander à monsieur PINON, les 26 térawatts/heure de la Normandie concernent-ils les ménages exclusivement où est-ce industries comprises ?

Gregory PINON, Université du Havre, GDR CNRS

Ce sont les données que j'ai reprises du bilan global – je n'ai pas le titre exact- il y a un lien sur ma diapo. Je suis allé sur le site de RTE, bilan 2018, j'ai vu le cas spécifique de la Normandie et il y avait justement une consommation régulée des aléas, et on voyait clairement que de 2015 à 2018, la Normandie consommait 26, 5 térawatts/heure en moyenne. Je pense que c'est tout compris, ce n'est pas une consommation moyenne par habitant multipliée par le nombre d'habitants, ce n'est pas ça. C'est vraiment la consommation totale.

M. Nicolas RENARD, Citoyen

Bonjour, Nicolas RENARD, simple citoyen, j'aurais une question. Vous avez comparé la production du parc éolien, 4 térawatts/heure à la consommation normande totale. Mais entre deux, il y a des pertes, l'énergie qui arrive pour être consommée en Normandie est de moins de 4 térawatts/heure. De combien à peu près ?

Gregory PINON, Université du Havre, GDR CNRS

Là, votre question, c'est les pertes liées au transport du parc jusqu'à la zone de raccordement, c'est ça ?

Mme Hélène HERZOG-STASI, animatrice

Perte de rendement dit monsieur.

Gregory PINON, Université du Havre, GDR CNRS

Non, là, on a pris le rendement en compte, c'est la production électrique. Après, il y a des pertes, mais par le transport d'électricité, mais là, c'est en sortie de sous-station, c'est la production. Là, on ouvre un débat hyper large, mais le rendement, quand on regarde l'énergie brute importée en France et l'énergie finale consommée, le rendement n'est pas fort en France, c'est une question plus importante, on pourra en discuter si vous voulez, j'ai des données.

M. Benoît RITTAUD, Association des climato-réalistes

Bonjour, Benoît RITTAUD, association des climato-réalistes, vous nous avez parlé en début d'exposé de la nécessité de réduire les émissions de CO2, sachant que pour l'essentiel, la production d'électricité en France est déjà décarbonée, puisqu'elle est principalement due au nucléaire et à l'hydraulique, quelle quantité de CO2 pensez-vous vraiment pouvoir économiser avec ces éoliennes ?

Gregory PINON, Université du Havre, GDR CNRS



Je n'aime pas trop parler en quantité de CO2 économisé, parce que c'est toujours assez ponctuel et en soi, les émissions de CO2 par habitant changent par exemple. J'aime bien en parler en pourcentages d'électricité issue de renouvelable. On sait qu'on aura *a priori* très peu de CO2 émis. J'avais dans un premier temps comparé ça avec les évolutions françaises sur la même période, sur le graphe que j'ai montré de 90 à 2018 pour l'Angleterre, je l'avais fait pour la France. On voit qu'on avait la chance d'avoir beaucoup d'hydraulique à barrages, c'est dans la tradition depuis longtemps, mais l'augmentation des Britanniques en passant de 3 à 35 %, nous, sur la même période, on est passés de 2 à 7 %. De mon point de vue, la solution n'est pas de dire qu'on économise tant, la question est : dans le futur, est-ce qu'on peut avoir par exemple à 100 % renouvelable ? Là, ce sera réglé.

Mme Hélène HERZOG-STASI, animatrice

Rapidement, monsieur, je vous donne le micro, dites-nous ce que vous avez en tête.

M. Benoît RITTAUD, Association des climato-réalistes

Ce que j'ai en tête, c'est que s'il s'agit de limiter les émissions de gaz à effet de serre, c'était le centre de votre première diapositive, remplacer le nucléaire ou l'hydraulique par des éoliennes ne diminue nullement les émissions de gaz à effet de serre.

Gregory PINON, Université du Havre, GDR CNRS

On est d'accord, je ne propose pas de remplacer...

M. Benoît RITTAUD, Association des climato-réalistes

Voilà, j'ai ma réponse, merci.

Gregory PINON, Université du Havre, GDR CNRS

Je ne vous propose pas de remplacer l'hydraulique, après, on peut rentrer dans la PPE, il y a eu un choix de diminuer le nucléaire, c'est un choix. On peut aussi s'assurer d'éviter des risques sur des centrales nucléaires, on en a des exemples récents.

Mme Hélène HERZOG-STASI, animatrice

C'est ce qu'on appelle le mix énergétique. Madame.

Mme Anne GEORGELIN, Syndicat des énergies renouvelables

Anne GEORGELIN du syndicat des énergies renouvelables, peut-être pour apporter un élément de réponse à votre question. Il faut qu'on regarde notre production électrique à l'avenir, dans les 30 ans ou 35 ans à venir. Dans les années 70, on a fait un choix de mix électrique qui nous permettait d'arriver à assurer notre production électrique pour répondre à nos besoins avec de l'hydroélectricité et du nucléaire, aujourd'hui, on va penser notre système électrique dans les 40 prochaines années avec des centrales nucléaires qui arrivent aussi et qui arriveront en fin de vie. La question se pose de réinvestir dans un nouveau système énergétique et on a le choix entre bien plus d'énergies que dans les années 70. C'est important aussi de pouvoir se dire comment on maintient notre mix électrique à un faible niveau d'émission de carbone et les énergies renouvelables sont une solution aux côtés d'autres sources d'énergie. Si à l'avenir, on veut maintenir ce niveau faible, c'est le sens de la politique du gouvernement, les énergies renouvelables sont indispensables.

Mme Hélène HERZOG-STASI, animatrice

Un petit mot, monsieur REIZINE ?

M. Stanislas REIZINE, DGEC

Merci, Stanislas REIZINE du Ministère de la Transition écologique et solidaire pour donner quelques éléments de réponse à la question posée sur le pourquoi des énergies renouvelables. Déjà, effectivement, on a la chance en France d'avoir un mix extrêmement décarboné, c'est une énorme force pour notre pays et c'est un acquis qui est aujourd'hui très performant. À court terme, il y a toujours des centrales thermiques en France, des centrales au charbon, dont celle au Havre, des centrales à gaz...

Intervenant hors micro dans la salle

Elles ferment.

M. Stanislas REIZINE, DGEC



Elles ferment, tout à fait, mais une des conditions pour réussir à les fermer d'ici 2022, c'est le développement des énergies renouvelables. L'éolien terrestre apporte une contribution qui est non-négligeable, décrite par RTE dans ses bilans prévisionnels, le solaire un petit peu moins, mais aujourd'hui, le développement des énergies renouvelables permet à court terme de fermer les centrales au charbon, de réduire le facteur de charge des centrales qui existent, dont la dizaine de gigawatts de centrales gaz, donc un impact positif sur le climat. Sur le moyen terme, je vous invite à regarder les travaux qu'a faits RTE, la question est de maintenir cet avantage français dans la durée. Le parc dont on parle aujourd'hui sera opérationnel à l'horizon 2030, la question qu'on se pose est : quel sera l'état du système électrique en 2023, et pour 20 à 25 ans, jusqu'à 2055 ? Dans le parc nucléaire, la plus ancienne centrale atteint 40 ans, il faut se poser la question pour conserver un mix électrique faiblement émetteur en carbone. Merci.

Mme Hélène HERZOG-STASI, animatrice

Voilà, des questions, des réponses. Il y aura d'autres séquences de questions-réponses. On va enchaîner et je reviendrai vers vous, tout cela pour que vous puissiez forger votre point de vue. Monsieur PINON, monsieur DUTHION, merci beaucoup, vous pourrez réintervenir plus tard. On parlait d'entretenir ces grosses bécanes, d'assurer leur maintenance, une petite vidéo qui, je crois, est proposée par Louis DREYFUS Armateurs qui nous explique comment fonctionnent les bateaux qui s'occupent de la maintenance des éoliennes en mer. Qui la lance ? On va gagner du temps, vous allez voir. En attendant, je passe le micro à monsieur RABAIN.

Antoine RABAIN, discutant

Avant de lancer cette vidéo, merci pour les questions qui ont été posées. Vous avez compris que cette course à la puissance avait des effets positifs et négatifs. Évidemment, il y a ce facteur de charge, la question qui a été posée sur la diversification du mix, les facteurs de charge qui vont aller au-delà des 45 % ou 50 %, c'est vraiment un changement total de paradigme sur l'un des points faibles qui est la variabilité. Il y a beaucoup de gens qui travaillent aujourd'hui sur des concepts appelés de base variable où on va pouvoir tellement produire avec ces éoliennes, certes, lorsqu'il y a du vent, mais elles vont tellement produire dans l'année qu'on va pouvoir construire des scénarios 100 % renouvelables avec ça. Il faut avoir ça en tête. Ce n'est pas un délire d'ingénieurs d'aller chercher des tours Eiffel en mer comme ça, c'est pour augmenter la production, évidemment pour baisser les coûts, c'est aussi pour baisser les impacts environnementaux, parce qu'on va mettre moins d'éoliennes pour pouvoir développer des gigawatts. Il y a des impacts négatifs à ne pas négliger, parce qu'elles vont être plus visibles depuis les côtes, il va sans doute falloir aller chercher aussi plus de distance.

Un point a été cité, assez intéressant, ce sont les aspects de sécurité maritime et plus généralement, de ce que permettent aussi ces projets d'industrialisation de la mer, parce qu'industrialiser la mer, c'est aussi donner plus de capacité de projection des hommes sur la mer. Vous savez que vis-à-vis du dérèglement climatique, il y a un enjeu de surveillance et de connaissance des eaux salées. Ces projets vont aussi permettre d'aller mieux mesurer, connaître l'océan, il y a des impacts macros qu'on connaît très mal aujourd'hui, mais aussi de mieux sécuriser les eaux, parce qu'on va mettre des radars, des capteurs qui vont permettre de mieux sécuriser les eaux autour de ces parcs et aussi, pourquoi pas, mieux mesurer la biodiversité avec des impacts positifs, notamment la ressource halieutique et le milieu de la pêche.

Mme Hélène HERZOG-STASI, animatrice

On regarde la vidéo sur la maintenance, monsieur RABAIN se propose de faire les commentaires, on va faire ça.

Antoine RABAIN, discutant

Je ne connais pas le film, s'il faut commenter les images, mais la maintenance est un élément essentiel de la maîtrise de ces investissements, parce que mettre le pied dans l'eau, c'est tout de suite 10 fois plus cher que de rester à terre. Évidemment, l'un des enjeux va être de minimiser d'aller faire de la maintenance sur ces éoliennes. Vous voyez ce navire de Louis DREYFUS Armateurs, la question qui s'est posée les premières années, c'est « est-ce qu'on va utiliser des navires qui existent déjà ou est-ce qu'il faut en fabriquer de nouveaux totalement dédiés à ce type d'industrie ? ». La réponse est plutôt sur cette dernière option. Vous voyez ici un navire totalement dédié à la maintenance de ces parcs.

M. Hubert DEJEAN de la BÂTIE, Vice-Président du Conseil régional de Normandie

Pour rappeler, il y aura en Normandie 3 bases de maintenance, Ouistreham pour Courseulles, bien évidemment Fécamp, il y aura Dieppe pour le parc de Dieppe - Le Tréport.

Antoine RABAIN, discutant



Une autre question essentielle que s'est posée l'industrie, c'est « est-ce qu'il fallait embarquer plutôt des marins et leur apprendre le métier de l'électrotechnique ou est-ce qu'il fallait plutôt embarquer des électrotechniciens et, vous me permettez ce barbarisme, les « mariniser », leur apprendre le milieu de la mer ? ». Les retours d'expérience qu'on a eus en mer du Nord où les pays sont beaucoup plus avancés car ils ont investi dans l'éolien en mer depuis 1990, 1995, ça a été de nous montrer que le milieu de la mer est un milieu complexe extrêmement exigeant et qu'il valait mieux le connaître au départ que de l'apprendre sur le tas. Il y a des questions autour de la formation de ces personnes où il y a, je crois, beaucoup d'opportunités, notamment dans les écoles françaises de pouvoir augmenter la formation des marins aussi sur ces métiers de l'électrotechnique au sens large.

Sur les questions évoquées en première partie sur la disponibilité de ces éoliennes, vous m'avez compris, mettre le pied dans l'eau, c'est tout de suite 10 fois plus cher, donc on va chercher à minimiser les allers-retours de maintenance. Tout l'enjeu est de construire des éoliennes un peu différentes de celle qu'on voit à terre, ce qu'il y a dans la turbine permet de minimiser les cadences de maintenance et le sujet de la maintenance prédictive qui est un mot cité tout à l'heure est encore plus critique sur la filière en mer que la filière terrestre, puisqu'on va chercher à minimiser les défaillances, parce qu'une éolienne qui ne tourne pas est une éolienne qui ne produit pas, ce qui a un impact financier sur le projet. Comme vous l'avez compris, demain ce sera plutôt des éoliennes de 10 ou de 12 mégawatts qui vont tourner en mer, plutôt que les éoliennes terrestres aujourd'hui de 2 ou 3,5 mégawatts, donc une éolienne qui s'arrête, c'est 12 mégawatts qui s'arrêtent, ce qui est beaucoup plus impactant. Donc ces concepts de maintenance sont largement revus et spécifiés sur l'éolien en mer par rapport à ceux des éoliennes à terre.

Mme Hélène HERZOG-STASI, animatrice

Antoine fait bien de nous apporter des précisions techniques, parce qu'on voit assez peu comment se déroule la maintenance d'une éolienne. En revanche, on visite le bateau, la salle de restaurant, la salle de fitness, c'est plutôt un film pour inviter à rejoindre l'entreprise.

Antoine RABAIN, discutant

Tu as tout à fait raison de souligner ce point, parce qu'à peu près 30 % du pétrole est produit en mer aujourd'hui, donc il y a beaucoup de choses qu'on apprend de cette filière du pétrole et il est vrai qu'un des enjeux clés sur ces nouveaux marchés, notamment des renouvelables, c'est quand même d'améliorer considérablement la vie du personnel sur les navires. Ça peut sembler évident, mais ça ne l'était pas du tout il y a 30 ou 40 ans sur les plateformes offshore pétrolières et aujourd'hui, c'est quand même intéressant avec les nouveaux moyens de communication et des innovations sur les designs de navires de pouvoir améliorer les conditions de vie de ces personnes.

Conférence n° 2 – Et après ? Démantèlement et recyclage

Mme Hélène HERZOG-STASI, animatrice

On arrive à la fin. Voilà, on en sait un peu plus sur les éoliennes, comment on les répare, pas trop. Je vous propose d'accélérer le temps et d'évoquer la fin des parcs éoliens. On reviendra à des questions-réponses tout à l'heure, monsieur. La fin des parcs éoliens, que deviennent les éoliennes après de bons et loyaux services ? Au bout de combien de temps ? comment on les recycle ? Je vous propose pour ce faire d'accueillir Anne GEORGELIN qui est responsable des filières énergie marine renouvelable au sein du syndicat des énergies renouvelables et Mathieu MONNIER, responsable du pôle offshore au sein de France énergie éolienne qui est l'association de promotion et de représentation de l'éolien en France. Parlez-nous donc un peu de démantèlement, de recyclage et peut-être aussi des choses dont on vient de parler et qui se passent ailleurs en Europe. Qui commence ?

Mme Anne GEORGELIN, Syndicat des énergies renouvelables

Bonjour à tous, oui, on a fait un bond dans le temps en passant de l'installation à la maintenance, puis maintenant, le démantèlement. Je pense qu'il serait aussi intéressant d'avoir les chiffres du nombre d'éoliennes installées aujourd'hui en Europe et dans le monde, la plupart étant installées en Europe. La première éolienne en mer a été installée en 1991 au Danemark, et elle a déjà été démantelée et aujourd'hui, il y a à peu près 4 800 éoliennes qui sont en fonctionnement, principalement en mer du Nord, beaucoup au Royaume-Uni et également autour de l'axe entre l'Allemagne, le Danemark, les Pays-Bas, la Belgique et bientôt la France. C'est à peu près 106 parcs éoliens en mer pour une puissance supérieure à 20 gigawatts, sachant que la puissance de ces turbines s'est largement améliorée et donc, on a des parcs plus puissants, ce qui explique aussi que les facteurs de charge restent encore moyens, mais sont amenés à grandir avec des machines encore plus performantes.



Pour passer au démantèlement ou la déconstruction, une fois qu'on a installé les machines et qu'elles ont fonctionné pendant à peu près 25 ans, c'est une durée de vie qu'on essaye d'améliorer, elles sont déconstruites et ramenées à terre. C'est une obligation prévue dès le tout début de l'installation et même de la conception dans le cahier des charges de l'appel d'offres et dans toutes les autorisations délivrées au producteur. L'obligation est à sa charge de remettre en état le site dans l'état originel. Comme les premières éoliennes en mer ont été installées dans le début des années 90, jusqu'aux années 2000, c'était encore de petites éoliennes installées et en petit nombre sur des sites plutôt expérimentaux pour développer la technologie. On a de premières expériences de démantèlement, 5 projets ont été démantelés et représentent une trentaine d'éoliennes aux Pays-Bas et au Danemark. Ces éoliennes sont petites, vingt fois moins puissantes, ce qui ne veut pas dire 20 fois moins grandes. Pour autant, elles montrent bien la logique de déconstruction qui sera la même pour de plus grandes éoliennes.

Je vais commenter ce film, on est aux Pays-Bas sur le site de Lely, 4 turbines ont été installées en 1992 et elles ont été démantelées en 2016. Ce parc appartenait à Vattenfall et elles sont particulières, elles sont bipales, elles n'ont que deux pales au lieu de trois, mais la logique est la même. Pour la déconstruction, on utilise les mêmes moyens que pour la construction, mais à l'inverse. On amène un bateau avec une grue et on commence par enlever ce qui se trouve au plus haut de l'éolienne, donc les pales, la nacelle et le retors. On voit qu'elles vont être ramenées jusqu'à la barge avec une grue. On s'occupe ensuite de la tour qu'on découpe en plusieurs sections, pour que ce soit plus facile à ramener sur le bateau et ensuite, à ramener à terre. Vous voyez l'opération de découpage. Ensuite, une fois que l'éolienne – pales et rotor – a été enlevée, on va s'occuper des fondations. Vous voyez 4 éoliennes qui disparaissent en quelques jours. Pour les fondations, le parc de Lely était particulier, ce sont des pieux en métal qui étaient enfoncés dans des profondeurs très faibles et vous voyez un système qui permet de retirer la fondation avec un système de vibrations qui fait varier le pieu et qui permet de l'extraire du sol. Toute la fondation a été retirée pour ce parc, c'est une particularité, parce que le sol était vraiment peu profond. Pour d'autres parcs, c'est adapté en fonction de la technologie des fondations de chacun, soit on les enlève entièrement, soit pour ces fondations qui sont des pieux, on enlèvera juste la partie immergée et on pourra laisser la partie dans le sol pour la simple et bonne raison que pour creuser le fond marin pour excaver ces pieux, ça crée parfois plus de dommages que simplement couper les fondations, notamment lors des opérations de déconstruction, parce des vibrations peuvent être dommageables pour le milieu marin.

On voit que tous les composants sont finalement ramenés à terre, on voit aussi une partie de l'opération de retrait des câbles qui relient. Cette obligation de démantèlement concerne aussi bien le parc que tous les câbles entre les éoliennes et les câbles entre le parc et la terre. Voilà, le site est redevenu à peu près comme avant. Une fois qu'on a ramené tous les composants à terre, on va les trier en fonction des matériaux qui les composent, de sorte à les recycler ou les valoriser, en tout cas les traiter, on n'abandonne pas les éoliennes un peu n'importe où. Aujourd'hui, à peu près plus de 90 % du poids d'une éolienne sont recyclés dans des filières qui existent déjà. L'acier notamment se recycle très bien, la demande est en constante augmentation. Le défi le plus important sur le recyclage des éoliennes concerne 10 % restants, surtout des pales des éoliennes en mer, elles sont faites en matériaux composites et ce sont des matériaux sur lesquels on doit trouver des solutions optimales pour les recycler. Elles sont valorisées, on s'en sert pour produire de la chaleur pour alimenter des cimenteries. Pour autant, on sait que des optimisations sont possibles pour arriver à passer de 90 à 95, voire 100 % de recyclage. Ce sont de travaux que l'industrie éolienne fait aux côtés d'autres filières qui utilisent beaucoup les matériaux composites, notamment l'aviation et le nautisme.

Dans les installations éoliennes, là où le marché a vraiment commencé à partir de 2007-2010 et ces éoliennes seront déconstruites à partir des années 2030-2032, ce qui nous laisse du temps au niveau de l'industrie éolienne de réellement réfléchir et engager un certain nombre de programmes. Des programmes ont été engagés pour lesquels d'importants investissements sont faits au niveau européen pour optimiser le recyclage après déconstruction. On passe la parole à Mathieu qui va parler aussi des garanties financières de déconstruction en France.

M. Matthieu MONNIER, Responsable du pôle offshore, France énergie éolienne

Bonjour à tous. Anne a déjà dressé un panorama précis. En Europe, c'est la directive-cadre sur le traitement des déchets qui régit aussi le régime des déconstructions et des prises en charge des déchets pour les éoliennes. Vous avez aussi entendu parler de la loi sur l'économie circulaire en France qui vient encore améliorer les choses. On peut ajouter que l'éolien en mer a connu un cycle entier de vie. Le premier parc éolien a été implanté au Danemark en 1991, c'est le parc de Vindeby qui a été démantelé en 2017, 26 années de vie pour ce parc qui était expérimental avec 5 éoliennes à la base. Aujourd'hui, on connaît l'intégralité d'un cycle de vie sur l'éolien en mer et on le maîtrise. Il y a de plus en plus de cas de démantèlement en Europe. Pour les hypothèses de durée de vie,



il me semble que pour les premiers projets attribués en France, on est sur une vingtaine d'années. Sur les mécanismes de rémunération, le parc pourra aller au-delà en fonction de la décision du porteur de projet. Les nouveaux parcs sont plutôt prévus pour 25 à 30 ans. Vous avez peut-être entendu parler de l'attribution du projet de Dunkerque, c'est le septième projet. Le porteur de projet – EDF Renouvelables et consortium – envisage la durée de vie sur 30 ans.

Il y a une source intéressante à laquelle vous pourrez vous rapporter, c'est le rapport du conseil général de l'environnement et du développement durable sur l'économie circulaire de l'éolien en France. Ça concerne surtout les éoliennes terrestres, on n'a pas encore de retour, mais finalement, la configuration est relativement proche pour l'éolien mer, en dehors de la question des fondations. Vous allez vous apercevoir que les filières concernées sont largement connues et traitées par les filières de traitement de déchets. On parle du béton, de l'acier, de l'électronique de puissance, des câbles. Effectivement, Anne a parlé des composites et aujourd'hui, les fabricants de pales – on en a un à Cherbourg – travaillent pour aboutir à une pale 100 % recyclable à un horizon qui sera un peu plus long, mais à défaut d'un recyclage, on a l'obligation de valoriser. La valorisation est énergétique, on va transformer en combustible de récupération avec un bilan carbone et environnemental qui sera meilleur que le charbon, le gaz et d'autres sources d'énergie. Voilà ce que je peux apporter en complément.

Mme Hélène HERZOG-STASI, animatrice

Question de néophyte, est-ce qu'il y a du plastique dans une éolienne ?

M. Matthieu MONNIER, Responsable du pôle offshore, France énergie éolienne

Oui, il y a aussi du plastique, mais le plastique est recyclable.

Mme Hélène HERZOG-STASI, animatrice

On passe à vos questions. Vous, monsieur.

M. Olivier BECQUET, Vice-président du comité régional des pêches de Normandie

Bonjour à tous, je connais beaucoup de monde dans la salle, puisque ça fait maintenant plus d'une dizaine d'années qu'on parle de l'éolien en mer. Je me présente, je suis Olivier BECQUET, Vice-Président du comité régional des pêches pour l'environnement, comité de Normandie. Je suis le représentant syndical pour la CFTC des marins-pêcheurs au niveau national et je suis gérant de la coopérative des pêcheurs au Tréport. Je dois dire que je félicite bien entendu cette présentation, parce que si on veut mettre de l'éolien en mer et qu'on veut les vendre, avec une telle présentation, ça ne peut créer que de l'adhésion. Maintenant, il faut voir qu'il existe en mer d'autres usagers et les marins-pêcheurs sont des usagers historiques. Il y a aussi de la navigation de commerce, de transport des marchandises, étant au Havre, vous savez de quoi je parle. Il y a aussi d'autres usagers qui sont les extracteurs de granulats et la mise en place de câbles à travers les mers pour transporter l'énergie, mais aussi les moyens de communication. Ce qu'il se passe est que depuis longtemps, on a un gros reproche à faire au gouvernement français, y compris le précédent, parce que sur ces dossiers, le gouvernement a changé des lois pour que ces projets aboutissent. Effectivement, en France, il y a des lois, c'est une démocratie une république et maintenant, si les lois ne permettent pas d'accéder à une finalité, à l'aboutissement de certains dossiers, le gouvernement en place change les lois. Il faut quand même qu'on ait conscience de ça, parce qu'il y a quand même des gens qui se sont battus pour mettre des lois en place, ça a coûté cher, parfois du sang et maintenant, on est dans une situation comme ça où c'est tellement plus facile, parce qu'on a le gouvernement en main.

On a eu un député, monsieur Julien AUBERT qui a fait une Commission sur l'éolien et il en ressort qu'après audition de 70 personnes différentes au niveau de l'Assemblée nationale, par rapport au réchauffement climatique, excusez-moi de ne pas être en phase avec vous, il n'y a pas d'amélioration par le fait de mettre des éoliennes en place. Donc là, c'est hors sujet. Concernant le CO2, je ne sais pas si vous avez un téléphone, *a priori*, tout le monde a un téléphone, vous pouvez regarder une application qui s'appelle *Electricity Map*, c'est la production de CO2 à l'instant T. C'est gratuit, regardez cette application, et à l'heure où je vous parle, la carte de la France est verte, par contre, ce n'est pas le cas pour l'Angleterre, l'Allemagne non plus, la Pologne et j'en passe. Avec l'Islande, nous sommes les meilleurs élèves concernant le CO2. Donc, dire que les éoliennes vont nous apporter un avantage pour faire moins de CO2, là, encore une fois, on ne comprend pas tout.

Les impacts environnementaux, nous dire que par rapport à ça, les éoliennes sont de vrais avantages et que nous avons du retard, j'aurais plutôt tendance à dire qu'on a bien fait d'attendre. En Allemagne, dans les pays qui sont de gros faiseurs d'éolien, ils rencontrent des problèmes, et pourquoi ? Simplement à cause des espaces choisis pour implanter ces machines, parce qu'on parle bien de machines industrielles. Aujourd'hui de plus en plus on



entend les critiques de populations qui vivent à côté ou dedans, parce que parfois, ils sont encerclés par les éoliennes. On entend de plus en plus de remontées d'informations, plutôt négatives, par les ondes que ça procure, l'atteinte aux animaux, au terrain où se trouvent ces éoliennes par les vibrations. C'est un dossier assez large, je vous invite à vous renseigner à ce sujet.

Mme Hélène HERZOG-STASI, animatrice

Monsieur BECQUET, on va faire court...

M. Olivier BECQUET, Vice-Président du comité régional des pêches de Normandie

Parce que je vois que tout le monde s'en va...

Mme Hélène HERZOG-STASI, animatrice

Tout le monde est encore là, au contraire...

M. Olivier BECQUET, Vice-Président du comité régional des pêches de Normandie

Des gens sont partis et je ne vais pas pouvoir rester, parce que j'ai une mission...

Mme Hélène HERZOG-STASI, animatrice

La règle est la même pour tout le monde, on a noté...

M. Olivier BECQUET, Vice-Président du comité régional des pêches de Normandie

La présentation était longue et c'est bien d'entendre une autre version.

Mme Hélène HERZOG-STASI, animatrice

Mais, monsieur BECQUET, il y a d'autres réunions qui sont thématiques et là on est sur le fonctionnement, le démantèlement, etc.

M. Olivier BECQUET, Vice-Président du comité régional des pêches de Normandie

Alors, je parlerai d'Ifremer et l'aspect biologique.

Mme Hélène HERZOG-STASI, animatrice

Terminez votre propos.

M. Olivier BECQUET, Vice-Président du comité régional des pêches de Normandie

Il est dommage qu'en France, on attende après la mise en place de machines de telle sorte dans un espace très fragile qu'est la mer. La vie marine existe réellement et va être complètement perturbée, nous le savons, nous en avons déjà parlé dans d'autres débats publics, je rappelle qu'il y a eu deux débats publics pour le parc du Tréport qui ont été rendus négatifs, mais malgré tout, le gouvernement ne s'en occupe pas et passe à travers. Il y a également une position du Parc naturel marin qui s'est positionné contre le projet Dieppe – Le Tréport, le gouvernement n'en a rien à faire. Je termine par le fait qu'effectivement, quand on voit que les radars le long de la côte ne doivent pas être perturbés par la mise en place des éoliennes, il faut savoir que sur chaque navire, il y a des radars et qu'il y aura de graves difficultés à naviguer dans ces espaces-là pour détecter ces machines et qu'il est grave que le gouvernement en place ne mette pas les moyens à Ifremer pour faire les recherches biologiques par rapport à la qualité des fonds marins, parce que la Manche est une des mers les plus poissonneuses au monde. Je tiens à ce que vous ayez une certaine réflexion par rapport à tout ça et aussi, n'oubliez pas, le port du Havre est une porte vers l'océan, mais il se trouve que c'est aussi une grave atteinte à l'environnement. Port 2000 a esquiné la frayère de bars, de soles et de crevettes. C'est bien de faire des exportations avec la Chine, c'est un résumé assez court, mais aussi maintenons l'emploi en France pour éviter ces commerces qui deviennent assez délirants, et n'oublions pas de maintenir la pêche sur notre région, parce que c'est 10 000 emplois. Merci.

Mme Hélène HERZOG-STASI, animatrice

Merci, monsieur BECQUET, d'avoir joué le jeu et c'est important effectivement que tous les points de vue s'expriment et il est vrai aussi que cet après-midi est plus orienté techniques et travaux. On explique comment fonctionne tout ça, ça peut paraître pro-éolien, mais encore merci d'avoir fait court. Antoine RABAIN, on parlait de toutes ces questions de recyclage et de démantèlement, est-ce qu'il y a une précision encore à apporter là-dessus, après, je vous propose qu'on passe aux travaux, c'est-à-dire comment on monte un parc. On enchaîne directement, donc on passe à la conférence numéro 3, qui est consacrée à la construction d'un parc éolien et ses



aménagements. Je vous demande d'accueillir pour ce faire Pierre WARLOP qui est responsable industriel chez WPD, WPD étant un producteur d'électricité d'origine 100 % renouvelable qui développe des projets éoliens au large des côtes, notamment françaises. Vous changez, c'est monsieur RIBUOT qui parle d'abord, vous travaillez chez SAIPEM, monsieur Jérôme RIBUOT, vous êtes directeur du développement de l'éolien offshore et on rappelle que SAIPEM est un groupe italien qui était spécialisé dans les forages pétroliers il y a quelques années et qui s'est tourné vers les énergies vertes. Voilà, comment on arrime tout ça dans la mer ?

Conférence n° 3 – Construction d'un parc éolien

M. Jérôme RIBUOT, SAIPEM

Merci madame, non, nous ne sommes pas spécialisés dans les forages pétroliers, mais dans les travaux en mer. On intervient depuis 60 ans dans l'ensemble de la planète, on est 32 000 personnes dans le monde et on fait des travaux en mer dans le domaine de l'énergie, historiquement dans le domaine du parapétrolier et pour rebondir sur la conférence précédente, nous avons actuellement une grosse activité de « *decommissioning* » – dans notre jargon – c'est-à-dire le démontage des plateformes pétrolières en Norvège. C'est un sujet que l'on connaît bien aussi, mais ce n'est pas l'objet de ma conférence, je voulais vous parler des différentes fondations et les techniques qu'on peut mettre en œuvre sur un parc comme ceux de Normandie.

SAIPEM est très présente en France, peut-être pas connue du public, parce qu'on est présents depuis 60 ans à travers deux sociétés : Bouygues Offshore créée en 75 qui était la branche marine du groupe Bouygues et la société Sofresid qui a été créée en 1958 et qui a encore des bureaux sur l'ensemble du territoire français comme vous pouvez le voir, y compris à Cherbourg et sur la façade atlantique, à Pau et à Marseille. Ces deux sociétés ont été fusionnées dans le groupe SAIPEM en 2002 et nous sommes toujours 2000 en France, 1 600 au siège à Saint-Quentin et 340 en région chez Sofresid. Il se trouve que notre siège de Saint-Quentin est par ailleurs le siège mondial du groupe pour tous les travaux en mer et que c'est au sein de ce bureau auquel j'appartiens que nous avons développé les techniques d'installation, de conception et de fabrication des éoliennes en mer dans le monde entier.

Je rappelle qu'un parc éolien est constitué de turbines qu'on appelle aérogénératrices, les fondations qui vont être l'objet de ce dont je vais parler, les câbles et il ne faut pas les oublier, c'est un travail important et puis aussi une sous-station à terre pour amener le courant dans le réseau. Dans les différents types de fondations, historiquement, les monopiles qui sont de gros pieux comme vous en avez vu tout à l'heure qui font 6, 8, 10 mètres de diamètre, en acier, qui sont constitués essentiellement de 2 parties, une partie fichée dans le sol et une partie qui s'appelle la pièce de transition, puisqu'elle fait la transition entre la partie dans le sol et le mât de la turbine. Ces monopiles ont été très majoritairement utilisées dans les parcs existants en mer du Nord en particulier, parce qu'elles sont assez sensibles aux vagues et s'accommodent bien de faible profondeur d'eau et d'environnement marin pas trop agressifs, de mer calme. Elles sont fichées dans le sol dans lequel on peut les fixer avec des systèmes de *vibro-hammer*, le même système que pour le retirer que vous avez déjà vu.

Ensuite, nous avons les fondations gravitaires qui sont plutôt en béton et qui sont posées sur le fond, elles tiennent du fait de leur poids, ce qui permet en fonction de la taille qu'on leur donne de tenir dans des mers plus importantes et des profondeurs d'eau plus importantes, les monopiles étant limitées à 30 ou 40 mètres. Avec les fondations gravitaires, on peut aller à 40, 50 mètres. Elles résistent très bien aux conditions marines et on a une très forte expérience aussi de fondations en béton dans l'industrie parapétrolière, on a fait des fondations en béton qui sont en opération depuis 40 ans, en Afrique en particulier ou en Italie. C'est assez rigide et par contre, assez volumineux et lourd, mais l'avantage est que ça peut se fabriquer à peu près n'importe où. Les jackets, c'est ce qui ressemble le plus aux structures pétrolières, ce sont des structures métalliques un peu arachnéennes auxquelles on peut donner de grandes dimensions. Il y a une grande expérience de conception et de fabrication de jackets dans toute sorte de mers. Ils offrent peu de résistance aux vagues et on est capable de les installer dans des mers très difficiles, au milieu de la mer du Nord en particulier, et elles sont tenues au sol par des fiches d'un diamètre relativement raisonnable. En revanche, c'est assez compliqué à fabriquer, il y a beaucoup d'éléments à monter, mais on a des jackets dans des profondeurs de 60 ou 80 mètres, ce qui permet pour l'éolien d'aller plus loin des côtes et d'être moins visibles.

Les monopiles sont fabriquées dans des usines spécialisées, vous avez une photo d'usine, il faut une très grosse rouleuse, ces usines existent essentiellement en Europe du Nord. On les charge ensuite soit sur des barges de transport en deux morceaux, la partie qui est dans le sol un peu en blanc et la partie supérieure qui est en jaune ou alors, elles sont chargées sur des bateaux spécialisés qui viendront ensuite les installer directement en mer.



C'est une logistique complexe, mais qui a été bien rodée en Europe du Nord, dans le bateau que vous voyez à gauche, il est monté sur ses pattes et une fois arrivé sur site – on appelle ça des *jack-up*, des plateformes autoélévatrices, il pose ses pattes au fond de la mer et une fois stabilisé, il reprend les équipements qu'il a à son bord et avec un système de marteau de ce qu'on appelle le battage, vous avez un marteau hydraulique qui tape et qui descend la pile au fond de la mer. Ensuite, on vient avec la grue sur le bateau installer la partie supérieure. Si on rencontre des sols durs, il faut forer, vous avez un exemple d'une foreuse d'une dizaine de mètres de diamètre. C'est là où les monopiles atteignent un peu leurs limites et quand la profondeur d'eau augmente, l'industrie est en train de développer des installations par des barges flottantes – exemple en haut – et vous avez en bas à droite la photo de deux bateaux capables de faire ces installations.

Les jackets vont être fabriqués en série dans des usines spécialisées pour être installées d'un seul coup en mer. Vous avez en haut une image d'un tel chantier au Danemark, Danemark pionnier de l'éolien qui a donc adapté ce chantier naval à cette fabrication. Vous voyez l'atelier de fabrication, une ancienne cale sèche et un grand pont roulant qui permet l'assemblage final et une grande zone de stockage. L'intérêt de cette grande zone est de pouvoir assembler les jackets d'un seul coup et de les installer rapidement en mer. L'installation en mer est ce qui coûte très cher. Les autres photos sont en Belgique, en Espagne et au Royaume-Uni où d'ex-chantiers navals ont été reconvertis. C'est le genre de chose qui pourrait exister dans un port comme Cherbourg, par exemple. Il faut de l'espace et installer tous les équipements. La grue que vous voyez en bas à droite est mobile sur un chantier en Angleterre. Ensuite, en mer, on vient ficher les petites fiches de jackets qui dépasseront. Les jackets sont transportées par groupes de 6 ou 8 bateaux, vous avez deux exemples de levage, les deux en Angleterre.

Les fondations gravitaires sont essentiellement en béton, fabriquées à terre sur des chantiers forains avec des techniques de génie civil – fabrication de piliers de pont, par exemple – ce sont des objets assez volumineux et lourds. Ensuite, on les charge sur une barge et on peut les installer par levage, à condition d'avoir des moyens de levage en mer ou alors, comme en Angleterre, de faire des fondations gravitaires flottantes, on les transporte vides par flottaison, on les coule et on les ballaste au fond de la mer. Ça a aussi des limites, ça nécessite des tirants d'eau significatifs et ce n'est pas ce qui est le plus en vogue aujourd'hui. Je vais vous présenter...

Mme Hélène HERZOG-STASI, animatrice

Rapidement, monsieur.

M. Jérôme RIBUOT, SAIPEM

Très rapidement, ça, c'est ce qu'on a proposé pour le champ de Fécamp en fabriquant toutes les structures gravitaires sur le port du Havre, les transportant sur un de nos bateaux et ensuite les lever avec notre grue de deux fois 7 000 tonnes. Si on fait ça au Havre comme il est prévu, il y aura à peu près 600 personnes sur site qui travailleront pour fabriquer ces structures gravitaires.

Dernier sujet, les postes électriques, c'est un sujet connexe, mais important, parce que les fondations sont en général des jackets. Vous voyez en haut à gauche une photo de jacket et de poste électrique d'un champ en Allemagne, fabriqué à Saint-Nazaire et à droite, des jackets qui arrivent en mer du Nord pour être installées par levage. On installe le jacket d'abord et ensuite les postes électriques. Vous avez 3 exemples d'installation, juste pour vous montrer qu'il n'y a pas que SAIPEM qui fait ça, il y a d'autres bateaux en Europe et dans le monde.

Mme Hélène HERZOG-STASI, animatrice

Merci beaucoup. Monsieur WARLOP, WPD, pour compléter et prolonger les propos de monsieur RIBUOT sur la construction d'un parc éolien en mer.

M. Pierre WARLOP, WPD

Merci, bonjour à tous. Je m'appelle Pierre WARLOP, je suis responsable des relations avec les entreprises depuis maintenant près de 10 ans dans l'éolien en mer, puisque, on l'a dit, c'est une longue histoire. Il faut savoir que cette filière ne va pas naître du sein des projets demain, ça fait des années qu'on en parle et qu'on la prépare et ça a été tout mon travail ces 10 dernières années, appuyé sur l'expertise, l'expérience de chantiers déjà réalisés ou en cours. J'essaierai d'éviter des redondances avec la présentation précédente, mais on aurait plutôt une vision d'ensemble. On travaille effectivement dans un environnement complexe dans lequel il y a des usagers, des usagers préexistants à nos activités et tout le travail de développement est primordial pour s'assurer que lorsqu'on démarrera ces travaux et qu'on exploitera les projets, on minimisera la gêne, mais aussi pendant la période de construction. Vous voyez, c'est juste une vision de l'ensemble des moyens mobilisés. De gauche à droite : tout ce qui est études préalables, caractérisation du site – profondeur d'eau, nature du substrat



superficiel et de la roche – du fond marin. Ensuite, on a le démarrage de ces travaux ici avec différents moyens mis en œuvre pour les câbles, un câblier, la préparation au sol avec des dragueuses. On a ensuite des moyens qu'on appelle spéciaux, qui sont des navires-grues ou auto-élévateurs, les fameux navires avec des pieds que vous avez pu déjà voir et effectivement des moyens encore jamais vus, mais qui vont arriver bientôt en France comme ces bigues qui peuvent transporter et installer les sous-stations électriques qui sont des éléments lourds et imposants fabriqués aujourd'hui aux Chantiers de l'Atlantique et demain pour les projets français.

Les étapes de réalisations, déjà, on parle d'un budget global pour situer les enjeux. On est dans un environnement marin où le temps a clairement l'ascendant sur les aptitudes et l'intelligence humaine et à certains moments, il y a une intelligence de projet à développer au préalable, la notion de planification des opérations, mais aussi l'organisation industrielle qu'on va mettre en place. Comme vous l'avez vu, il y a beaucoup de navires, sur un projet de 500 mégawatts, c'est à peu près 30 navires qui opèrent en simultané. Une partie pourrait effectivement être logée au Havre, mais lorsqu'on parle du projet de Fécamp, il y aura un florilège de ports qui sera concerné directement et indirectement. Sur un projet de 500 mégawatts, c'est à peu près 1 500 personnes, sur notre projet en Allemagne, on a eu 1 600 travailleurs qui ont badgé, sont entrés sur le site, ont fait toute leur formation préalable pour obtenir la certification et avoir le droit de travailler en mer, parce qu'il y a un enjeu extrêmement important et cette notion de coordination des moyens est aussi importante, puisque 20 à 30 navires en simultané, c'est évidemment complexe et aussi une logique à garder sur l'usage partiel d'une zone. Le chantier ne démarre pas partout en même temps, l'approche est extrêmement phasée avec des notions de zones ou de périodes tampons. Vous voyez les différents navires qui opèrent, c'est évidemment modulaire en fonction des travaux.

Si on regarde les étapes de réalisation de manière transversale, un instantané, vous avez à gauche pour les monopieux, on a une préparation de sol pour s'assurer que le fond est meuble et sur lequel on va pouvoir enfoncer ces pieux. Ensuite, on a une opération d'installation, soit par battage, soit par forage, soit par vibrofonçage. Cette opération va prendre de l'ordre de 2,5, 3 jours par fondation. Ensuite, on va ajouter cette pièce de transition qui va rectifier les problèmes de verticalité, vous avez tous tapé des clous, c'est rarement parfaitement droit, en tous cas comme on l'aurait imaginé ou comme madame pourrait nous le demander...

Mme Hélène HERZOG-STASI, animatrice

Ou le faire.

M. Pierre WARLOP, WPD

Absolument, et on s'encourage mutuellement, par rapport à ça, les pièces de transition avaient pour vocation de rectifier la verticalité pour s'assurer que ces éoliennes soient parfaitement droites et qu'on puisse respecter les conditions d'exploitation imposées par les standards et les fournisseurs. Le raccordement de ces fondations est préalable jusqu'à une pince électrique de transformation et également un câble vers la terre qui va permettre d'avoir de l'énergie à disposition, installer ces machines, on ne va pas laisser des machines sans électricité et sans pouvoir se mettre en sécurité.

Sur les aspects de planning, il y a tout un ensemble de préparations et de séquences de chantier avec un aspect d'aléas qui est extrêmement fort. C'est pour ça que j'évoquais la notion de planification et de provisions de risque et aussi de proximité par rapport aux bases industrielles, notamment des bases logistiques avancées. Vous avez là l'exemple parfait en théorie du chantier tel qu'on l'imaginait avant le démarrage et là, vous avez ce qu'il s'est passé en réalité avec 3 principaux aléas majeurs qui étaient les aléas de météo, au-delà d'une certaine vitesse de vent ou d'une certaine hauteur de houle, on n'a pas la possibilité de se rendre sur site avec les bateaux. Vous avez une problématique de disponibilité des infrastructures, par exemple un quai qui est occupé ou une manœuvre de croisement avec d'autres navires. On peut être amenés à suspendre momentanément le chantier. Dernier point, pas des moindres, ce sont les ressources humaines, gestion des organisations de projets et notamment avec les personnels au large.

Mme Hélène HERZOG-STASI, animatrice

On ne voit pas forcément sur quelle période de temps.

M. Pierre WARLOP, WPD

Oui, très juste, pardon, je ne l'ai pas évoqué, sur un parc de 500 mégawatts, on considère un temps de chantier de l'ordre de 18 mois. Un élément important qui va de pair avec l'augmentation de la puissance des machines, c'est l'amélioration continue des moyens utilisés pour les installer. Qui dit moins d'éoliennes dit moins de fondations, donc une plus grande efficacité, moins d'occupation d'espace et de temps. On voit de manière parlante la puissance installée par mois entre un parc réalisé en 2012, 20 mois pour une puissance de 576



mégawatts et un parc qui date de 2015, 3 ans après, on a quasiment quintuplé la puissance installée. Sur la période envisagée de 18 mois, le but est de réduire toujours plus cette période, notamment de prendre le risque d'installer en période hivernale, ça appartient au porteur de projet d'en décider.

Je vais simplement vous donner un exemple avec des images, c'est un parc qu'on a construit en Allemagne qui a une spécificité, c'est que tous les fournisseurs étaient situés dans un rayon de 100 km pour des raisons de logistique, d'efficacité et de compétitivité du projet. Il y avait une dimension de retombées économiques et d'acceptation dans notre réflexion, mais aussi des problématiques particulières de sites, notamment une faible profondeur d'eau, de fortes mobilités hydrosédimentaires et une petite zone assez sensible, puisqu'il s'agissait d'une zone Natura 2000 pour laquelle on a dû mettre en place des mesures bien au-delà de ce qu'on peut voir en majorité des projets.

Vous allez revoir la mise en situation du projet Nordergründe, ce n'est pas très élégant, mais c'est son nom. Il se trouve à l'embouchure de la Weser au niveau de Bremerhaven. Vous voyez l'opération qu'on a évoquée tout à l'heure du chargement des pièces verticales et des monopieux. Ces monopieux font 56 mètres au maximum, ce sont de petits monopieux enfoncés à à peu près 29 mètres dans le sol. La pièce de transition sera installée ensuite. Là, on voit l'opération de battage et pour cette opération, au vu de la sensibilité de la zone, on a mis en place ce qu'on appelle un double rideau de bulles pour réduire les émissions acoustiques, notamment vis-à-vis de la macrofaune et on a tenté aussi de réaliser l'opération dans les meilleurs délais, donc en prenant les meilleures fenêtres de météo et en évitant les périodes sensibles pour ces animaux. Ensuite, on voit la pièce de transition positionnée sur le monopieu, cette pièce fait à peu près 170 tonnes avec tous les équipements embarqués, les passerelles, les échelles, les batteries pour permettre un balisage maritime, lorsque l'éolienne n'est pas en place. Voilà les éoliennes qui sont chargées assez rapidement – c'est un petit projet de 18 éoliennes – avec des retours complètement assemblés, ce n'est plus forcément la pratique de l'industrie. Elles sont préassemblées, les sections sont déjà chargées sur le navire, installées sur l'éolienne et on voit ensuite la nacelle installée qui pèse 330 tonnes, la tour fait 170 tonnes, il me semble, et cet ensemble qu'on appelle rotor star est assez délicat à manier, comme vous pouvez le voir, parce qu'il faut peu de vent, c'est le dilemme de l'éolien, pas de vent pour l'installer. Il y a aussi les conditions de mer, j'ai oublié de dire que les navires opèrent selon certaines conditions. Une éolienne installée, c'est à peu près de un jour et demi à 2 jours aujourd'hui. Les fondations, c'est 2 à 3 jours, là, on voit les câbles de 33 000 volts qui font le raccordement entre ces éoliennes, c'est 16 kg du mètre et on va avoir une vitesse de pose de l'ordre d'un kilomètre par jour.

Enfin, la sous-station qui n'est pas l'opération la plus simple, parce qu'on a une opération en mouvement dynamique par rapport à une structure qui est fixe. C'est aujourd'hui une des limites de l'éolien posé, l'éolien flottant va amener à repousser et va permettre d'améliorer les techniques de manière générale. Ce seront de nouveaux moyens permettant de travailler en dynamique. Voilà, j'en ai fini.

Mme Hélène HERZOG-STASI, animatrice

Question, sur vos bateaux de travaux, est-ce qu'il y a une salle de sport, un restaurant, salle de jeux vidéo ?

M. Pierre WARLOP, WPD

On n'est pas aussi bien lotis que chez Louis Dreyfus, mais en l'occurrence, les bateaux qu'ils ont montrés, c'est pour opérer des parcs qui sont far shore, loin, et ce qu'il y a en France seront de petits navires pour faire du transfert de personnel, qui font un mouvement journalier.

Mme Hélène HERZOG-STASI, animatrice

Près de la côte.

M. Jérôme RIBUOT, SAIPEM

Je voudrais revenir là-dessus, parce que contrairement à ce qu'a dit Antoine RABAIN, SAIPEM qui travaille depuis 60 ans en mer, les bateaux sont extrêmement bien équipés, très confortables et il y a en particulier d'excellents restaurants italiens.

Mme Hélène HERZOG-STASI, animatrice

Parce que votre groupe est Italien.

M. Pierre WARLOP, WPD

Notre groupe est italien, mais on a depuis des années des salles de sport dans nos bateaux, bien entendu.



Mme Hélène HERZOG-STASI, animatrice

Monsieur GALICHON, à vous le tour. Vous êtes directeur du développement durable et du pilotage au grand port maritime du Havre. Rapidement, comment un grand port comme le vôtre se prépare-t-il, s'aménage-t-il dans la perspective de l'installation de parcs éoliens maritimes qui ne seront jamais très éloignés de lui ?

M. Pascal GALICHON, Directeur du développement durable, port du Havre

Oui, comme on l'a vu, tous ces éléments, il faut les préparer à un endroit et les ports sont des lieux évidemment privilégiés pour cela. On est au Havre, que va-t-il se passer ou que se passe-t-il, puisque ça a déjà commencé ? On est principalement concernés par deux installations : l'usine Siemens Gamesa, si vous voulez en savoir plus, il y a un atelier au deuxième étage et puis la réalisation des fondations du parc de Fécamp déjà évoqué. Un point sur ces nouvelles installations, il y a à peu près une trentaine d'hectares pour Siemens Gamesa et le même ordre de grandeur pour le site des fondations. Il est à noter que ce sont d'anciens sites qui sont réutilisés, on a évité d'aller sur des zones qui n'étaient pas déjà aménagées. Voilà l'emprise de l'ensemble du site Siemens Gamesa et les deux carrés jaunes représentent les installations spécifiques portuaires qui sont des quais dédiés à ces grosses pièces. On est sur le site du Havre, donc entre la centrale EDF en bas à gauche et les silos qui sont en haut. L'emprise est celle-ci et vous voyez que l'espace est divisé en plusieurs zones avec du côté de la centrale EDF, en vert, les usines elles-mêmes et différentes zones de stockage et les deux quais au nord et au sud.

Préalablement – et c'est déjà fini pour les Havrais –, vous avez la route Lucien CORBEAU qui est au milieu et qui est décalée vers le nord. Il y a une phase importante de préparation pour libérer des espaces afin de permettre l'installation de l'usine et des zones logistiques. Voilà le phasage, libération des espaces, vous avez vu sur le site les phases de déconstruction des installations anciennes en cours et ensuite, on vient construire la plateforme RORO, puis les différentes phases qui se font sur le site. À la fin, voilà l'aspect qu'aura le site avec à votre gauche il y a le RORO et puis le quai de chargement de l'autre côté.

Ces ouvrages sont des ouvrages publics. Il y a en fait 3 quais, le premier est le quai qui va accueillir les navires *jack-up* et une des difficultés rencontrées est que les charges sont très lourdes, ce sont des colis de plusieurs centaines de tonnes et les quais reconstruits après la guerre n'étaient pas conçus pour ça. C'est pour ça qu'il faut qu'on reconstruise de nouveaux quais pour ces charges importantes. Ensuite, il y aura un autre quai à côté qui n'accueillera pas les navires *jack-up*, et la passerelle RORO, parce que certains des colis roulent et ils ne peuvent pas être dans des bassins où la marée varie. Un des gros intérêts du site est qu'au sud on a la marée et au nord, ce sont des bassins à niveau quasi constant, ce qui facilite la manutention horizontale. Vous apercevez la passerelle RORO et les colis acheminés des navires vers l'usine. Pour le quai renforcé pour les navires *jack-up*, ce sont des quais qui existent dans d'autres pays et pour pouvoir transférer ces charges très lourdes, il faut que le navire repose sur ses pieds. Pour qu'il puisse reposer sur ses pieds, il faut que le sol soit renforcé, d'où les structures que vous apercevez ici, le renforcement avec du ballast.

Ce sont des travaux importants avec de nombreux financeurs, dont la région, l'État, la chambre de commerce, la ville, de très nombreux financiers. Pour finir, vous l'avez déjà vu, le site de Bougainville pour l'accueil du chantier des fondations, voilà à quoi ça ressemblera. Vous avez les premières phases de construction qui se situent ici, c'est du génie civil et au fur et à mesure, on vient monter les structures qui ensuite sont mises à l'eau et seront amenées sur le site. Voilà très rapidement – vous commencez à avoir beaucoup d'exposés – ce qu'il va se passer sur le site du Havre.

M. Antoine RABAIN, discutant

Les exposés qui vous ont été faits sur cette phase d'installation montrent quand même qu'il y a une logistique extrêmement complexe de bout en bout à savoir maîtriser, je reviens vers ce métier qu'est celui du pétrole et du gaz offshore, vous avez eu une illustration, je ne vais pas être dans la contradiction, mais plutôt appuyer sur le fait que la compétence est aujourd'hui extrêmement présente dans ce secteur, les acteurs de la filière maîtrisent les projets complexes en mer et ce mouvement qui a été illustré par monsieur qui représente la SAIPEM, il y en a beaucoup d'autres qui sont là aussi et qui prennent le virage de ces travaux.

Mme Hélène HERZOG-STASI, animatrice

Avez-vous des questions sur ces questions de travaux ?

M. Jean-Luc SALADIN, Conseiller municipal de la ville du Havre

Je serai un peu hors sujet, ce n'est pas pour les travaux, c'est pour l'atelier précédent. Je voudrais savoir pourquoi les éoliennes ne durent pas plus longtemps que cela. Deuxième question, pour les pales, il me semble qu'elles



sont en fibres de carbone, je crois qu'il n'y a absolument pas de solution pour le moment pour leur recyclage, est-ce que je me trompe ?

Mme Hélène HERZOG-STASI, animatrice

Qui peut répondre ?

M. Antoine RABAIN, discutant

Si vous voulez, vous avez des machines qui sont certifiées pour une certaine durée de vie. Donc, c'est lié aussi aux matériaux et il faut savoir qu'en mer, vous avez des conditions plus difficiles et donc, la durée de vie est plus limitée. Après, je pense qu'un turbinier serait sans doute plus à même de répondre à ça. Mais c'est aussi par rapport à la durée de vie des composants. Bien sûr, quand on a une panne de composant, on peut le remplacer, mais au bout d'un moment, la machine est certifiée pour cette durée de vie et elle s'est allongée en fait au fil du temps. On a eu d'abord des éoliennes de 15 à 20 ans et maintenant, on est autour de 25 ou 30 ans. Si on doit faire un parallèle avec une filière d'énergie bien connue en Normandie avec le nucléaire, c'est pareil pour les centrales nucléaires, il y a des visites décennales et 40 ans, ça commence à être assez long.

Pour votre deuxième question, pour les pales les plus récentes, on a un mix entre les fibres de verre et les fibres de carbone. Les fibres de carbone sont beaucoup plus faciles à recycler aujourd'hui et elles ont aussi une valeur économique, ce qui permet aussi de valoriser le matériau et de faire en sorte que le démantèlement coûte moins cher. Je ne sais pas s'il y a un complément de turbinier.

Mme Hélène HERZOG-STASI, animatrice

Un complément de turbinier.

M. Cédric TURNACO, Siemens Gamesa

Sur la durée de vie, le premier parc qui a été cité, qui était Vindeby au Danemark, elles ont duré 27 ans et en fin de compte à l'époque, quand on a développé cette machine, on n'avait pas du tout les outils d'aujourd'hui et pourtant, elle a duré 27 ans. Les nouvelles machines sont prévues pour durer a minima 25 ans et ces machines sont plus instrumentées qu'une formule 1. On les suit en permanence et si au bout de ces 25 ans, on se rend compte qu'elle peut durer plus longtemps, en coordination avec nos clients qui les exploitent, on les fait durer plus longtemps.

Mme Hélène HERZOG-STASI, animatrice

Là-bas et ensuite, je reviendrai vers vous, monsieur.

Intervenant dans la salle

La partie travaux a été très intéressante et ça implique une question, à combien va revenir le coût du kW/h pour le consommateur ou pour le contribuable, est-ce que c'est compétitif par rapport à d'autres sources d'énergie ?

Mme Hélène HERZOG-STASI, animatrice

On ne s'est pas concertés, monsieur, mais vous assurez la transition avec le sujet d'après, donc je propose qu'on garde votre question, puisqu'on va aborder les questions de coûts. Puisque je suis là...

M. Roger SMADJA – AHCP et Écologie pour le Havre

Une réaction sur le problème des compétences. Je suis monsieur SMADJA et je suis responsable d'une association de chômeurs et en même temps membre de l'Écologie pour le Havre. Je rappelle simplement qu'au niveau des compétences, c'est d'abord que dans la région, il n'y a pas les compétences, parce qu'il y a quand même l'expérience des plateformes pétrolières pratiquement, vu que tout se passe dans le nord. Deuxièmement, il y a 10 ans, on a lancé le projet d'une usine d'éoliennes au havre, ça a mis 10 ans, entre temps, l'éducation nationale a formé des gens qui se sont retrouvés sans pouvoir travailler, parce qu'il n'y avait pas l'usine. Qu'avez-vous à dire là-dessus ?

Mme Hélène HERZOG-STASI, animatrice

La question des métiers liés à l'éolien et des opportunités que ça peut représenter pour une région, qui veut bien répondre ? Monsieur DEJEAN de la BÂTIE, pour la région qui s'occupe de formations ?

M. Hubert DEJEAN de la BÂTIE, Vice-Président du Conseil régional de Normandie



Oui, c'est une des responsabilités de la région. C'est vrai qu'il y a eu un problème, parce que lorsqu'on a lancé l'idée de parc éolien en France, c'était il y a 12 ans. Tout de suite, à l'époque, la région a mis en place des formations, donc les jeunes y sont allés, sauf que derrière, l'industrialisation n'a pas suivi, parce qu'il y a eu des discussions terribles. Donc, les gens qui s'étaient engagés dans ces filières ont tout de suite vu qu'il n'y avait pas de boulot à la sortie. Actuellement, nous sommes en train de relancer toutes ces formations et donc, on fait un gros travail pour redéfinir et on le fait avec les industriels, pour que ça corresponde. Je ne sais pas s'il y a un représentant de Siemens Gamesa, j'ai vu Cédric...

Mme Hélène HERZOG-STASI, animatrice

C'était notre spécialiste turbinier.

M. Hubert DEJEAN de la BÂTIE, Vice-Président du Conseil régional de Normandie

On bosse ensemble, je rappelle qu'il y a la même problématique chez tous les industriels, c'est-à-dire qu'on définit les besoins en formation, après, il y a la post formation dans l'entreprise, je sais qu'il y a un institut Siemens qui existe et donc, il y a aussi la part de la formation dans l'entreprise qui va être faite, c'est toute une chaîne à faire et il y aura bien évidemment des exigences. On en parlera après, parce que lorsque nous allons fermer une centrale thermique à charbon et donc, il y a l'idée aussi de retravailler sur les reconversions industrielles. Je ne vais pas être plus long, parce que le sujet était plutôt l'industrialisation elle-même.

Mme Hélène HERZOG-STASI, animatrice

Juste avant votre question, monsieur PINON travaille justement sur cette question de formation.

Gregory PINON, Université du Havre, GDR CNRS

Je me permets juste d'intervenir, parce que justement, je m'occupe d'un master au Havre qui forme sur les énergies renouvelables et je voulais donner l'image qu'on trouve du travail. À l'heure actuelle, on a entre 15 et 20 étudiants par an, quand ils arrivent courant septembre, si je prends le cas de l'année dernière, il y en avait une seule qui n'avait pas eu de CDD ou de CDI en arrivant au stage. Effectivement, à l'heure actuelle, ils trouvent du boulot en France ou parfois à l'étranger. On espère qu'ils vont aussi avoir du travail au Havre. C'est juste pour dire que quand on fait des études dans le renouvelable, on trouve du travail.

Mme Hélène HERZOG-STASI, animatrice

Monsieur parlait aussi peut-être de tous les niveaux.

Intervenant tribune non identifié

Deux mots, on travaille aussi beaucoup sur le terrestre avec le lycée de Fécamp qui forme des techniciens de maintenance et effectivement, tous ces jeunes qui ont été formés sur l'offshore, en attendant, ils ont trouvé des débouchés sur l'éolien terrestre.

Mme Hélène HERZOG-STASI, animatrice

Merci, à vous, monsieur.

M. Maurice BENOISH, Médiateur pour la pêche

Merci. C'est un problème technique. Maurice BENOISH, je suis un ancien marin-pêcheur, tout à l'heure, on a parlé des forages dans le cadre d'installations de type jacket. Le poisson n'aime pas le bruit, donc les conséquences vont être importantes et peuvent durer un certain temps. Quels sont les systèmes qui évitent ou minimisent, vous parlez de système à bulles, je ne connais pas, mais quels systèmes peuvent minimiser ce genre d'inconvénients ?

Mme Hélène HERZOG-STASI, animatrice

Vous parliez de rideaux de bulles, c'est ça ?

M. Pierre WARLOP, WPD

Effectivement, il y a le système des rideaux de bulles qui est bien connu, qui maintenant est doublé, puisqu'il y a une réglementation très forte, notamment en Allemagne imposée par le BSH qui est l'autorité régulatrice de la partie zones économiques exclusives. Il y a d'autres moyens qui sont en train d'être développés, notamment des marteaux qui finalement sont séquestrés dans un tube qui lui-même fait circuler des bulles pour éviter justement d'avoir un moyen un peu lourd pour déployer un grand périmètre autour qui est long à mettre en œuvre et à déplacer. Il y a aussi une évolution majeure, c'est la précision avec laquelle on va faire le dimensionnement des



structures. Aujourd'hui, on utilise une certaine puissance pour battre des marteaux parce qu'on a des épaisseurs d'acier qui ont une certaine tolérance, mais plus on améliore une connaissance des interactions – pardon, c'est un peu technique – entre les charges et le sol, plus on est en capacité de réduire l'épaisseur d'acier, finalement, de réduire la puissance avec laquelle on va battre dans le sol. C'est juste un très rapide aperçu.

Mme Hélène HERZOG-STASI, animatrice

Sur ces questions de nuisances sonores, est-ce qu'un spécialiste a des précisions ? Qui êtes-vous, monsieur ?

M. Roger ROUSSELIN, retraité

Je suis retraité, je suis ces problèmes depuis au moins 10 ans, je voudrais poser une question un peu polémique peut-être. La centrale de Paluel a une puissance installée de 5 200 mégawatts. Combien faudrait-il d'éoliennes pour que l'énergie produite par ces éoliennes remplace l'énergie de Paluel ? Actuellement, vous proposez 200 éoliennes et un petit calcul montre qu'il en faudrait au moins 2 000. Je pense que le problème de l'éolien, c'est un mensonge économique, parce qu'on va faire du béton, on va faire peut-être de l'activité, mais on va aller dans une impasse. Je voudrais qu'on le souligne et qu'on marque cette opposition à cette chose-là, parce qu'il y a des industriels qui vont prendre ce problème, mais finalement, ça ne va pas résoudre le problème de l'énergie, parce que l'énergie produite dans une éolienne ou dans tout autre produit n'est pas suffisante. Donc, l'éolien, c'est un mensonge économique et je voudrais bien appuyer là-dessus.

Quelques applaudissements dans la salle.

Mme Hélène HERZOG-STASI, animatrice

On va parler justement de ces questions de coûts...

Intervenant hors micro dans la salle

Et de coût de revient de l'électricité.

M. Roger ROUSSELIN, retraité

Quel est le nombre d'éoliennes qu'il faudrait pour remplacer Paluel ?

Mme Hélène HERZOG-STASI, animatrice

Pour arriver au même niveau de puissance que la centrale...

M. Roger ROUSSELIN, retraité

On parle de puissance installée, mais il faut parler d'énergie produite.

Mme Hélène HERZOG-STASI, animatrice

Qui peut répondre à cette question ?

M. Roger ROUSSELIN, retraité

Si vous avez un parc éolien et qu'il n'y a pas de vent, il peut y avoir 60 000 mégawatts installés, ça ne vous donnera aucune énergie.

Mme Hélène HERZOG-STASI, animatrice

Qui peut répondre, si ce n'est directement à cette question, en tous les cas, répondre à la question de monsieur ?

M. Hubert DEJEAN de la BÂTIE, Vice-Président du Conseil régional de Normandie

Je veux bien dire un mot, parce que là, on est partis sur un sujet un peu polémique, c'est-à-dire l'éolienne versus les autres sources d'énergie. Je rappelle que pour avoir participé aux travaux de la PPE, il n'était pas question de raisonner uniquement en termes de réduction de gaz à effet de serre, il était question également d'imaginer quelle serait la production d'énergie dans 40 ou 50 ans et il a été question également de traiter le coût final de toutes les énergies, et dans le cas du nucléaire, d'intégrer les coûts de démantèlement, la gestion des déchets qui pour le moment est toujours devant nous. C'est une question qui n'est pas réglée. J'entends bien votre plaidoyer vibrant pour le nucléaire, mais il pose également des problèmes. Personne ne dit que le rendement d'une éolienne est supérieur à celui d'une tranche nucléaire, il est simplement question d'avoir un mix énergétique qui nous permet progressivement d'aller vers plus de renouvelables et de diminuer notre dépendance énergétique vis-à-vis des pays étrangers dont nous sommes dépendants. Je ne parle pas uniquement des hydrocarbures, mais on peut parler d'uranium. Les choses ne sont pas aussi simples et



caricaturales que votre présentation le laisse supposer. Je crois que ça mériterait un peu plus de calme, de discussions cartes sur table. Ce sont des arguments que d'autres que vous avez déjà développés, je sais qu'il y a des gens qui sont anti éolien, mais c'est votre droit le plus absolu. En ce qui me concerne, je défends cette filière, je rappelle quand même, j'en profite pour dire un petit mot sur les coûts et la décision de l'État concernant cette filière.

Dans l'idée de l'État français, il y a l'idée de créer une filière française des énergies marines renouvelables. La discussion a été longue sur les arbitrages pour savoir comment on allait faire cette transition énergétique. Permettez-moi d'insister, cher monsieur, un peu en tant que Vice-Président de la communauté urbaine du Havre sur le fait que nous sommes en pleine transition, puisque nous fermons une centrale thermique à charbon qui produisait un coût extrêmement raisonnable de l'électricité, probablement plus intéressant que le coût de l'éolien offshore, mais le Président de la République a signifié la fin des centrales à charbon. C'est comme ça. Donc, le Havre se retrouve avec ce changement de paradigme, nous passons de la thermique à consommation de charbon et heureusement, heureusement que nous avons cette nouvelle filière industrielle d'énergie renouvelable qui va nous permettre de sauvegarder des emplois, des capacités, du développement industriel sur notre territoire. Je vis cette fermeture de la centrale à charbon comme le symbole d'une transition entre une énergie d'autrefois et une énergie de demain.

Mme Hélène HERZOG-STASI, animatrice

Allez, on ne passe pas, on poursuit sur ces questions économiques que vous avez déjà esquissées. Antoine RABAIN, sur ces questions de coûts, combien coûte un parc éolien, qui finance, quel est le coût de l'énergie produite à l'arrivée ? Quelles sont les questions à se poser les enjeux qui vous paraissent importants ?

Antoine RABAIN, discutant

Effectivement, on arrive un peu au nerf de la guerre, c'est la dernière table ronde. Pour vous donner un témoignage, je regarde ces questions de coûts sur l'ensemble des filières énergétiques au sens large depuis un certain nombre d'années. Celle de l'éolien offshore en mer et généralement en Europe, ça arrive sur la France, fait état des dynamiques de baisses de coût les plus impressionnantes et ça, comprenant aussi ce qu'on appelle l'effet d'échelle, parce que c'est un des critères standards et historiques qui permet de viser la baisse des coûts des machines, c'est l'effet volume. La première Clio qui sort d'une usine est beaucoup plus chère que la centième, la millième, la dix millième, c'est exactement le même procédé qui se passe en Europe avec les chiffres proposés aujourd'hui, on atteint 20 gigawatts de puissance installée en Europe et c'est ce qui a notamment contribué à la baisse des coûts. Il y a plein d'autres choses qui se sont mises en place, on a vu la course à la puissance, Pierre – ne je sais pas s'il est encore dans la salle, je ne le vois pas – n'a pas forcément mentionné le coût journalier d'un navire d'installation d'éolienne en mer qui se chiffre en centaines de milliers d'euros par jour. Vous voyez bien que ce facteur 7 notamment dû à l'amélioration des process industriels et de logistique industrielle complexe et de cet effet d'échelle de la puissance unitaire des turbines où en un jour on installe plus X mégawatts, mais 7 fois plus de mégawatts, ça, ce sont des gains extraordinaires en termes de baisse de coût. Il y a un tas d'autres effets d'échelle qui vont vous être présentés, notamment en termes de financements, parce que le coût du kWh, monsieur, vous en parlez tout à l'heure, il y a d'abord l'euro kWh à l'investissement et derrière, avec les conditions de financements de projets auxquels on peut accéder aujourd'hui sur ce type de projet, ce facteur-là est aussi essentiel pour expliquer la baisse du coût de l'électricité qui est celui de l'euro MWh.

Mme Hélène HERZOG-STASI, animatrice

On va donner la parole à Adrien THIRION de la Commission de régulation de l'énergie, la CRE. Au sein de cette CRE, vous êtes chef du dispositif de soutien aux énergies renouvelables au sein de direction des marchés de la transition énergétique, votre titre est long. Peut-être un mot sur ce qu'est cette Commission et expliquez-nous un peu quels sont les mécanismes de soutien public de ces projets.

M. Adrien THIRION, Commission de régulation de l'énergie

Merci beaucoup. J'avais bien prévu de vous parler en deux mots de ce qu'est la Commission de régulation de l'énergie. C'est le régulateur du secteur de l'énergie, vous avez le ministère de l'Énergie qui s'occupe d'un certain nombre de questions très importantes, et vous avez à côté la Commission de régulation de l'énergie qui est aussi une administration qui va s'occuper de la régulation du secteur au jour le jour, de surveiller que le marché de l'énergie, qui est un marché organisé un peu comme le marché du pétrole, le marché du blé, se comporte correctement, réguler un certain nombre d'opérateurs qui fonctionnent en monopole, notamment RTE, le gestionnaire du transport d'électricité qui assure une mission de service public et qui est régulé par la Commission de régulation de l'énergie. Voilà en quelques mots les missions de la CRE. Je ne vais pas vous donner



toutes les missions de la CRE, je vais surtout vous donner les deux missions en lien avec l'éolien offshore et le développement d'un nouveau parc, comme ce serait le cas en Normandie. Un premier rôle est celui du soutien public à cette installation. La CRE va avoir un rôle sur comment soutenir cette installation, comment organiser le soutien public et le deuxième rôle est celui de la régulation de RTE et je vais revenir plus en détail.

Sur le premier rôle, la CRE intervient à plusieurs étapes du processus de soutien public. Elle va, en lien avec le ministère de l'Énergie, sélectionner un certain nombre de candidats qui vont pouvoir venir participer à un dialogue concurrentiel. Elle va sélectionner des candidats qui ont l'air sérieux et des candidats qui seront en mesure de mener le projet à terme et qui seront capables d'appréhender l'ensemble des questions complexes citées aujourd'hui, les questions d'insertion dans un milieu socio-économique, environnemental particulier. La deuxième étape est un dialogue concurrentiel où ces candidats présélectionnés vont discuter avec l'État afin d'établir un projet de cahier des charges qui va permettre de regarder sur quels critères ils vont être sélectionnés. Je ne vais pas vous cacher plus longtemps qu'un des critères qui va compter le plus, c'est le prix pour faire baisser le prix du soutien public le plus possible. C'est le critère prépondérant. Un autre point va être discuté pendant cette phase de dialogue, c'est aussi des éléments de partage de risques entre ces porteurs de projets et la puissance publique. La troisième étape est la phase d'appel d'offres, les candidats présélectionnés vont proposer leur offre après 6 mois de réflexion et vont dire : voilà, je suis prêt à m'engager sur un projet de ce type, a priori, j'imagine utiliser la zone prédéfinie de telle et telle manière et je m'engage à candidater à – mettons – 50 € par MWh. Que veut dire je m'y engage ? Ça veut dire que si jamais je loupe, l'État ne me rattrapera pas. C'est 50 ou rien, une fois que je l'ai dit.

La deuxième mission dont je voulais vous parler est celle de la relation avec RTE, le gestionnaire de réseau de transport. Ses coûts de raccordements sont des coûts qui peuvent être importants et il s'agit pour cette entreprise de service public qu'ils soient efficaces. Là aussi, essayer d'avoir une maîtrise des coûts et de garantir l'efficacité de cette entreprise.

Pas mal a été dit sur la baisse des coûts de l'éolien, je crois, mais il est intéressant de donner quelques chiffres. Le premier point est que les parcs lauréats des appels d'offres lancés en 2011 et 2013 ont candidaté avec des prix de l'ordre de 165 à 200 euros par MWh, c'est donc particulièrement cher et notamment le lauréat – EDF Renouvelables – qui a gagné le parc de Dunkerque il y a quelques mois, il l'a gagné à 44 € le MWh, voyez une décroissance très importante. Pour dire à quoi c'est dû en quelques mots, les parcs de 2011 et 2013, on était dans un moment où la filière n'était pas encore au même niveau de maturité qu'aujourd'hui, on était sur des machines plus petites, généralement plus coûteuses, maintenant, on est sur des machines plus grosses, beaucoup plus de vent, un deuxième point est que c'était un appel d'offres sur lequel en 2011 et 2013 on a voulu construire une filière industrielle française et ne l'occurrence, cette filière se traduit par des usines en cours de réalisation, notamment au Havre.

L'autre point à noter est de vous parler un peu du coût du soutien, de comment ça fonctionne. C'est un peu technique, je vais le commenter. Le producteur a de l'énergie et il va aller la vendre sur le marché de l'électricité. Ce n'est pas un marché pour vous et moi, c'est le marché pour les producteurs qui sont installés en France ou en Europe, pour les fournisseurs d'électricité auprès de qui vous avez un contrat pour chez vous et puis de gros consommateurs industriels. Sur ce marché, il y a un prix et le producteur qui gagnerait le futur appel d'offres vendrait son énergie sur ce marché au prix du marché du moment, c'est comme un marché des actions, le prix se détermine en fonction de l'offre et de la demande à un moment donné, quelque part, on subit ce prix. Il va vendre son énergie au prix qu'il subit. Ça ne va pas suffire, ce qu'obtient le producteur quand il est lauréat de cet appel d'offres, c'est une garantie de soutien à un prix donné. Dans l'exemple de Dunkerque, il touchera quoiqu'il arrive 44 € par MWh. Il va toucher quelque chose sur le prix du marché, il veut 44 € par MWh, si le prix du marché est particulièrement faible, le soutien public va venir compenser et si au contraire, le prix du marché est plus élevé, le soutien public sera plus faible pour compléter jusqu'à 44 € par MWh, voire même si le prix du marché est supérieur à 44 € par MWh, imaginons qu'il soit à 60 € par MWh, c'est le producteur qui va rendre de l'argent à l'État à hauteur dans l'exemple de 16 € par MWh.

Ce contrat de soutien, dans la mesure ou dans l'avenir, on peut imaginer que le prix de l'électricité du marché sera relativement proche du coût complet de production, ça joue plutôt le rôle d'une assurance. Les coûts plus faibles, on vient les compléter, les coûts plus hauts, le producteur rend à l'État. Globalement, il est assuré de gagner ce qu'il voulait. Le tarif de référence du soutien, c'est le candidat lui-même qui l'a proposé à l'appel d'offres, il s'est battu dans le cas d'un appel d'offres concurrentiel. Pour rappel, pour Dunkerque, il y avait 9 candidats, tous sérieux avec une grosse expérience européenne de construction de parcs offshore, ils se sont battus pour proposer le prix le plus bas et pour l'emporter.



Un point important encore sur ce mécanisme de soutien, j'ai dit que c'était de l'argent supporté par l'État, c'est sur le budget de l'État et depuis la réforme qu'il y a eu en 2016, ce n'est plus sur la facture des consommateurs, c'est sur le budget de l'État, c'est-à-dire payé par les contribuables. Vous allez me dire que ça revient un peu au même, la différence est notable, c'est que ce n'est plus sur la facture et la ligne budgétaire de l'État qui finance ça, c'est une ligne qui est abondée par les taxes sur les énergies carbonées.

Je passe maintenant au coût du raccordement des parcs éoliens en mer qui a une petite spécificité par rapport au coût du raccordement des autres énergies renouvelables, c'est que lui est désormais totalement financé par RTE. Il est financé par RTE et tous les coûts de RTE sont financés par l'ensemble des consommateurs français via ce qu'on appelle le TURPE (Tarif Utilisation du réseau Public d'Électricité) et ce tarif, aussi bien le réseau de transport ou le réseau de distribution permettant le maillage fin du territoire, les coûts du réseau représentent ne gros 1/3 de la facture d'électricité de chacun. L'idée est d'assurer une maîtrise des coûts, de faire en sorte qu'il n'y ait pas de dérive, et pour donner un ordre de grandeur, le budget d'un raccordement pour le parc de Fécamp vient d'être approuvé par la CRE, ça représente 285 millions d'euros, le développement du parc de 500 MW coûte de 1 à 2 milliards, on est sur un ratio de 10 à 20 % pour le raccordement. Le budget du raccordement a été fixé par la CRE, RTE doit maintenant essayer de construire en respectant le budget ou de le battre, s'il ne le bat pas, il aura des pénalités. Je ne sais pas si ça répond aux questions.

Mme Hélène HERZOG-STASI, animatrice

Merci en tout cas pour ces explications. On va peut-être réserver les questions pour la fin des interventions sur ces notions économiques. Monsieur Rémy PRUD'HOMME, à vous l'honneur, vous êtes économiste, professeur d'université émérite et vous avez écrit un livre qui indique assez bien votre positionnement le titre étant : le mythe des énergies renouvelables, quand on aime, on ne compte pas. Selon vous, l'éolien maritime ou terrestre est trop onéreux et conduira inéluctablement au renchérissement du prix de l'électricité. Pouvez-vous nous développer votre point de vue, rapidement, évidemment, comme pour tous les autres intervenants.

M. Rémy PRUD'HOMME, Économiste, professeur d'université émérite

Je vais essayer de m'en tenir aux 10 minutes qui nous sont allouées pour dire qu'on n'a pas beaucoup parlé jusqu'ici des coûts, sauf dans la dernière intervention. Je voulais dire aussi qu'on a pratiquement entendu uniquement les gens dont le métier est de vendre ou de contrôler des éoliennes, et qui donc en sont des défenseurs et des partisans. Je suis le premier à ne pas appartenir à ce groupe tout à fait sympathique et respectable, j'ai l'impression qu'on vous offre là un pâté d'alouette et de cheval et que je suis l'alouette. Je vais essayer de vous parler des coûts économiques, la question principale étant de savoir s'ils sont inférieurs ou supérieurs aux autres coûts.

Je souligne le pluriel, je ne parle que de coûts au pluriel pour la raison que la notion de coût est très complexe, que tous les coups sont permis et qu'on peut dire à peu près n'importe quoi en termes de coût. Il est donc important de faire des distinctions. Plutôt que de vous offrir des chiffres, je vais vous proposer des concepts pour mieux interpréter qu'avec des chiffres qui peuvent en cacher certains d'entre eux. La première distinction importante concerne le rapport entre les coûts passés et les coûts futurs. On ne connaît que les coûts passés, mais on ne s'intéresse qu'aux coûts futurs. Malheureusement, les deux divergent souvent beaucoup, dans tous les domaines, on l'a vu par exemple pour le tunnel sous la Manche le coût effectif a été 3 fois celui qui était prévu.

Ce que l'on sait dans le passé, c'est que les énergies renouvelables, l'éolien en particulier, s'agissant de la France, on ne peut pas parler d'éolien en mer, mais on sait que les ENR ont été extrêmement subventionnées. À l'heure actuelle en France, on dépense 6 milliards par an pour financer ce qui existe d'éolien terrestre et le solaire. En Allemagne qui a été montrée comme un exemple extraordinaire, la facture est de 23 milliards par an. Pensez aux retraites spéciales qui coûtent 1 ou 2 milliards par an de plus à la société. En Allemagne, les éoliennes ont déjà coûté plus de 1 000 milliards a dit un Ministre allemand. Les Allemands ne sont pas des rigolos et le Ministre de l'Environnement qui maintenant est Ministre de l'Économie a dit qu'on avait déjà dépensé 1 000 milliards. Il faut garder ces chiffres en tête. Je voudrais revenir sur ce qui a été dit des coûts garantis aux producteurs. Dans le passé, pour les parcs, comme vient de le dire la CRE, on était du côté de 200 € par MWh, ces coûts étaient très élevés. Ils ont été ensuite abaissés du côté de 150 €, tout en faisant glisser le coût du raccordement vers RTE, comme on vient de le voir. C'est-à-dire qu'en réalité, la baisse a été moins importante. Maintenant, on nous annonce 44, il y a quand même quelque chose à expliquer, parce que ces 6 premiers parcs ne sont pas faits, si on nous dit que ça coûte 40 et que ce qui va être fait dans ces 5 parcs va être payé par le contribuable à hauteur de 150, il y a une grande différence entre 40 et 150. Ou bien on a un gros mensonge sur le coût de 40 ou bien on a un gros cadeau au promoteur éolien si c'est 150. Il faudrait qu'on nous éclaire ce point qui est important. Il est vrai que le coût des turbines – largement importées – diminue, mais les coûts d'installation et d'entretien



diminuent beaucoup moins, parce que c'est de la main d'œuvre, des gens qui travaillent, des bateaux qui consomment d'ailleurs du fuel. Il faut faire attention quand on parle des coûts, on les connaît mal et l'histoire est pleine d'erreurs faites sur les coûts.

La deuxième distinction à faire est celle entre les coûts directs et les coûts indirects. Toutes les données dont on nous parle se rapportent aux coûts directs supportés par les promoteurs, les producteurs. Mais il y a aussi beaucoup de coûts indirects supportés par la société entière et qui ne donnent pas lieu à des versements. Il y a les coûts de transport supplémentaires, l'éolien a rendu nécessaires des agrandissements constants du réseau de transport. Si on doit agrandir le réseau, c'est à cause de la multiplication des points de production de l'éolien, on est pratiquement à un milliard par an. Ça ne concerne pas l'éolien futur, mais l'éolien passé. Deuxièmement, il faut un coût de centrale à gaz pour pallier l'intermittence, l'éolien ne fonctionne qu'un certain nombre d'heures par an, en gros, 3 500 heures ou quelque chose comme ça. Quand il n'y a pas de vent, il n'y a pas d'électricité éolienne, il faut donc avoir un filet de sécurité qui est les centrales au gaz qui rejette moitié moins de CO2 que le charbon, mais ce n'est pas rien. Donc, il faut construire ces centrales. Ensuite, on peut avoir des coûts de stockage pour pallier cette intermittence, il y en a quand même un petit peu de stockage, on va en faire d'autres et ce sera des coûts payés par quelqu'un. Ensuite, il y a les coûts de gestion des brusqueries de l'offre, pour l'éolien d'un quart d'heure au quart d'heure suivant, l'électricité produite peut être multipliée par 5 ou divisée par 3 ou 4. Les ingénieurs sont capables de régler des machines pour régler ce problème, mais ça a un coût. Surtout, vous avez le coût d'éviction de la production classique. L'éolien, comme le solaire a une priorité sur le réseau, tout ce qui est produit, on s'engage à l'acheter. Pour les industriels, c'est le pied, parce qu'avoir un marché garanti à un prix élevé, ils sont pour. Il n'empêche que s'il y a tout d'un coup une augmentation considérable de la production éolienne, parce qu'il y a beaucoup de vent, il faut qu'on arrête d'autres centrales de fonctionner. En particulier, qu'on arrête les centrales nucléaires. C'est-à-dire qu'on diminue le taux de charge du nucléaire, que l'on augmente donc le coût moyen de l'électricité nucléaire. C'est probablement le coût indirect le plus important.

Mme Hélène HERZOG-STASI, animatrice

Rapidement, monsieur PRUD'HOMME.

M. Rémy PRUD'HOMME, Économiste, professeur d'université émérite

Quelle est l'importance de ces coûts indirects ? On ne la connaît pas bien. J'ai regardé en comparant avec l'Allemagne, j'arrivais à peu près au même ordre de grandeur. Ensuite, vous avez le fait que...

Mme Hélène HERZOG-STASI, animatrice

Rapidement, rapidement.

M. Rémy PRUD'HOMME, Économiste, professeur d'université émérite

Le fait qu'il faut comparer le coût de l'électricité aléatoire, celle des éoliennes avec le coût de l'électricité certaine, comme on dit, ce qui est pilotable et ce qui ne l'est pas. Le problème de l'éolien est qu'on ne sait pas quand il va fonctionner et pas forcément au moment où on en a besoin. On le voit dans des tas de pays et l'Allemagne ne sait pas quoi faire de son électricité éolienne, elle la vend pour zéro et parfois, elle la vend à un prix négatif. Ça veut dire qu'un kWh éolien n'est pas pareil qu'un kWh thermique, hydraulique ou nucléaire. C'est moins bien. C'est comme un restaurant ouvert un tiers du temps – peut-être au milieu de la nuit – avec celui qui serait ouvert seulement matin, midi et soir. C'est pourquoi la comparaison des coûts des puissances, les coûts du MW n'a malheureusement aucune signification, j'ai entendu dire que ce qui va être fait va suffire à la consommation de 800 000 personnes, c'est absurde, complètement faux, si ces 800 000 personnes n'avaient que de l'éolien, elles regarderaient la télévision un soir sur deux, peut-être qu'elles s'en porteraient mieux, d'ailleurs. Ce n'est probablement pas leur avis. Il y a là quelque chose de tout à fait important, c'est la conséquence de l'impossibilité de stocker.

Mme Hélène HERZOG-STASI, animatrice

Vous me promettez de conclure, monsieur PRUD'HOMME, parce que vous avez dépassé vos 10 minutes.

M. Rémy PRUD'HOMME, Économiste, professeur d'université émérite

Un point seulement pour dire qu'il faut faire la distinction entre comparer le coût avec le nucléaire, puisqu'on veut fermer les centrales nucléaires. On a actuellement des centrales en état de marche qui coûtent très peu cher à faire fonctionner, l'investissement a été fait. Dans 20 ans, quand il n'y aura plus de centrales nucléaires, le problème sera très différent. Enfin, j'ai deux diapositives, la première vous montre le prix de vente de l'électricité en fonction du pourcentage d'électricité intermittente. Ce qui figure en bas est le pourcentage



d'électricité renouvelable. Vous voyez que plus il est grand, il s'agit du prix payé par les consommateurs. D'un côté, vous avez la Hongrie où il y a très peu de renouvelables et où l'électricité ne coûte presque rien. De l'autre, vous avez l'Allemagne et l'Espagne, le Royaume-Uni s'en est rapproché depuis 2 ou 3 ans, où c'est beaucoup plus cher. On nous a montré l'Allemagne comme un exemple extraordinaire d'énergie renouvelable, c'est un pays où les consommateurs payent l'électricité deux fois plus qu'en France.

L'autre diapositive concerne l'industrie des turbines en Allemagne qui connaît une véritable crise des éoliennes, le journal *Spiegel* – journal sérieux – écrit que l'industrie allemande de l'éolien est en chute libre. J'ai regardé, j'ai pris 3 des plus grands industriels mondiaux : Enercom va licencier 3 000 personnes, Siemens crée peut-être des emplois au Havre, mais va en supprimer 600 en Allemagne dans les mois qui viennent. Vestas au Danemark va supprimer 600 emplois. Vous pouvez croire que l'éolien va créer beaucoup d'emplois au Havre, regardez ce qu'il se passe en Allemagne qui a beaucoup investi dans ce domaine et qui est d'un certain côté est en train de le regretter. Merci de votre attention.

Applaudissements dans la salle.

Mme Hélène HERZOG-STASI, animatrice

Merci, c'est une analyse qui ne manquera pas, je pense, de susciter des commentaires.

M. Rémy PRUD'HOMME, Économiste, professeur d'université émérite

Je pourrais ajouter que j'ai calculé la réponse à la question qui était posée : combien d'éoliennes pour remplacer Paluel, avec des éoliennes de 2 MW, il en faudrait 2 000.

Mme Hélène HERZOG-STASI, animatrice

Allez, on conclut sur ce chapitre des coûts économiques. Je vais rappeler les deux maîtres d'ouvrage du projet, monsieur REIZINE, madame de SAINT-MARTIN pour tout aussi succinctement nous faire part de votre point de vue sur ces questions économiques.

M. Stanislas REIZINE, DGEC

Merci beaucoup. Quelques éléments, la plupart des choses ont été dites. Je me permets juste une petite réaction sur le dernier graphe qui vous a été présenté sur les comparaisons entre pays pour souligner qu'en réalité, ça dépend de qui on compare. Pour les Allemands, si vous comparez les ménages, ils vont payer deux fois plus cher que les Français, c'est vrai. Si vous comparez les industriels allemands, ils vont payer moins cher qu'un industriel français. Les Allemands ont opéré des transferts en exonérant – pour des raisons industrielles qui ne regardent que l'Allemagne – les industriels de taxe de transport. Il y a aussi des choix de fiscalité qu'il faut retraiter sur ce genre de graphique.

Très rapidement sur la partie de coûts, beaucoup de choses ont été dites. Sur l'évolution de la filière, des capacités multipliées par 25 en 10 ans, on est aujourd'hui autour de 18 GW en 2018 avec un pays qui a pris le lead européen qui est le Royaume-Uni avec 6 gigas. C'est une filière qui gagne en maturité et effectivement, les coûts de production sont en baisse. Cette baisse est liée non seulement à l'industrialisation – comme évoqué –, les économies d'échelle, il y a de plus en plus de machines, mais ce sont des machines de plus en plus grandes et de plus en plus puissantes. Ce sont des images qui vont ont été présentées ce matin, je passe rapidement, mais elles illustrent cette montée en taille. Aujourd'hui, on est sur des ordres de grandeur de 12 MW, à faire des machines plus grandes, on en met moins, on gagne en investissement, mais en plus, on va plus haut pour des vents plus puissants. Pour revenir sur la CRE, le coût de l'appel d'offres de Dunkerque et sa comparaison avec les parcs historiques, ceux à 150 € par MWh, en fait, ce ne sont pas les mêmes projets. Ceux qui sont installés – le premier à Saint-Nazaire – ont un tarif de 130 € par MWh et des turbines de 6 MW. Celui qui sera installé à Dunkerque, on ne connaît pas exactement la puissance, ce sera une turbine de 10 à 15 MW, malheureusement les premiers projets ont pris du retard, mais on installe des technologies qui sont anciennes liées à des *permittings* figés dans la conception du projet qui font que les porteurs de projets aujourd'hui installent des turbines qui seraient qualifiées d'anciennes. Il faut donc faire attention à la génération de projet qu'on regarde.

Pour les comparaisons, là, ça compare différents euros par MWh, mais il faut faire attention à ces comparaisons. Ces chiffres sont factuels, mais les MWh ne sont effectivement pas tous comparables. Le solaire ne produira pas la nuit quand il n'y a pas de soleil, l'éolien ne produit pas quand il n'y a pas de vent, l'hydroélectricité a des problèmes liés à la ressource en eau et on ne peut pas faire de la géothermie partout. Par contre, quand on regarde cet indicateur, aujourd'hui l'éolien en mer est devenu une filière qu'on peut qualifier de compétitive au regard des grosses filières d'énergie renouvelable. Sur les derniers appels d'offres du ministère, le solaire



photovoltaïque au sol est de l'ordre de 40 à 70 € par MWh, en toiture, on est entre 80 et 130, sur l'éolien terrestre, on est entre 60 et 70, sur l'éolien en mer on est entre 40 et 80, en fonction des projets. Sur le flottant, c'est un peu moins mature, on est dans une logique de prix plus élevés. Sur l'électricité hydraulique, ça va être variable entre 30 sur de la grosse électricité et au fil de l'eau, à 160 € par MWh sur de la petite électricité. Ce sont des chiffres qu'on observe au ministère. L'hydrolien, on est à plus de 200 €, la géothermie, on est à 250 € par MWh et sur la biomasse, ça dépend. Évidemment, ça n'épuise pas tout, mais ce sont des références qui sont utiles dans le cadre des discussions.

Ensuite, ce sont les chiffres d'investissement d'un parc éolien pour 1 GW, on parle de 1,5 à 3 milliards d'euros, il me semble que la décomposition des coûts ne vous a pas été présentée. Sur un investissement, on parle de 80 % d'investissements, ce sont des investissements capitalistiques, en fonctionnement, c'est de l'ordre de 18 % et le démantèlement de l'ordre des 4 %. Cette structure de coût explique la régulation mise en place par l'État avec ce tarif d'achat garanti. Quand vous construisez un parc, vous dépensez énormément d'argent au début, les coûts de fonctionnement sont relativement faibles, il est donc important pour le porteur de projet d'avoir une visibilité, comme dans toutes les infrastructures sur le moyen terme. C'est très différent des centrales thermiques où on va avoir de petits investissements tout de suite et par contre, des coûts d'exploitation très élevés.

Sur le complément de rémunération, la logique a été mise en place pour sécuriser un prix, ce que vend l'État est assurantiel c'est un prix garanti, le porteur de projet sait ce qu'il gagne et l'État, en fonction des prix du marché gagne ou perd de l'argent, en fonction des jours, du prix du CO2, du charbon ou du gaz, les prix sont très dépendants en réalité de nos voisins qui sont eux-mêmes très dépendants des combustibles fossiles. Vous pouvez retrouver ces éléments qui permettent juste d'éclairer que cette baisse est européenne, ce n'est pas une spécificité française de réduction. Le parc de Fécamp est à 150 € le MWh d'une génération précédente, mais on a bien une baisse européenne des coûts observée au Royaume-Uni où ils ont attribué des parcs éoliens en mer autour de 40 livres.

Mme Hélène HERZOG-STASI, animatrice

Et voilà, on écoute madame de SAINT-MARTIN sur les coûts liés au transport.

Mme Gro de SAINT-MARTIN, RTE

Un petit complément sur le raccordement dont on a déjà parlé. Vous avez une carte pour montrer l'ensemble des projets de parcs éoliens en cours en France. Il y a 7 projets de parcs éoliens commerciaux, de taille de 500 MW à peu près, 500 ou 600. Il y a 4 projets de parcs éoliens flottants, parcs pilotes entre 24 et 30 000 watts, donc des projets plus petits. En ce qui concerne le coût du raccordement, pour les premiers parcs issus des appels d'offres, on est autour de 300 millions d'euros. À partir de Dunkerque, ça augmente un peu puisqu'on a rajouté au périmètre de RTE non seulement le câble en mer, le câble à terre et le poste électrique à terre, mais aussi en mer.

Ensuite, je vous propose de rentrer dans le détail sur les facteurs de coût. En vérité, le coût de raccordement varie beaucoup, parce que la puissance d'un câble n'est pas forcément la même, on parle de 1 GW ici, c'était 500 pour les premiers appels d'offres, ensuite, la profondeur des eaux, on a parlé des jackets ou des monopiles et évidemment, plus ça va être profond, plus le jacket va être grand, plus ça va coûter, normal. Pour la distance de raccordement, les premiers parcs étaient près des côtes et là, on va être plus loin et le coût de raccordement va augmenter. On ne parle pas souvent du type de sol, mais si le sol est meuble, on va pouvoir ensouiller le câble relativement facilement et si le sol est plus dur, on va devoir utiliser une trancheuse, protéger le câble avec des matelas béton, ça va coûter un peu plus cher. Ça va aussi compter dans le coût final de raccordement. C'est un peu la même chose à terre selon si on passe sous les routes, sous les terres agricoles, le coût ne sera pas le même tout comme en zone urbaine ou en zone rurale. Tous ces éléments contribuent à expliquer les différences de coûts de raccordement sur les différents parcs.

Pour finir, quelques mots sur les possibilités d'optimisation des coûts, puisqu'il y en a. Jusqu'à présent on a raccordé des petits paquets de 500 MW et là, on fait déjà plus gros, donc on fait des économies d'échelle. On peut aussi optimiser le nombre de plateformes et le nombre de câbles par rapport à la puissance du parc et on peut standardiser les technologies utilisées. Ce sont les 3 pistes d'optimisation les plus importantes du coût par rapport à ce qu'on a eu jusqu'à présent. Si vous voulez en savoir plus, vous pouvez aller chercher le schéma décennal du développement du réseau de transport d'électricité qui est là-haut. On explique tout ça avec un chapitre ciblé sur l'éolien en mer. Pour arriver à faire ces économies qui entraînent aussi une diminution de l'empreinte environnementale, il faut néanmoins planifier, c'est mon dernier mot.



Planifions. Il nous reste 10 minutes, je vous propose des questions, des commentaires divers et variés. Ils viennent du fond de la salle.

M. Pierre-Antoine GELAS, Ingénieur gestion de projet offshore pétrolier

Bonjour, je suis Pierre Antoine GELAS, je suis plutôt au fait des technologies évoquées jusque-là pour avoir travaillé dans l'offshore pétrolier, non pas pour SAIPEM, mais pour Technip ou Subsea et notamment avoir pris part aussi aux sondages géotechniques sur la barge à Fécamp et en pose de câbles pour Louis Dreyfus aussi. Je voulais rebondir sur le type de technologie qui était figé pour les fondations gravitaires à Fécamp. Elles vont être fabriquées à Bougainville, est-ce que les fondations fabriquées là-bas sont destinées à d'autres champs, notamment les champs de Courseulles ou du Tréport ? Quels sont les types de fondations retenus pour ces deux champs ?

M. Jérôme RIBUOT, SAIPEM

Malheureusement, comme ça a été dit, les projets français existants, les 6 premiers projets ont été faits dans un cadre d'appel d'offres dans lequel le concessionnaire devait figer sa technologie en termes de turbines, de choix d'équipementiers, de choix de puissance et de fondations. C'est pour cela qu'on a des champs à Saint-Nazaire avec des turbines de 6 MW dont ce sera la dernière fabrication, alors qu'aujourd'hui, les usines prévoient entre 7 et 12 MW. Pour la partie fondation, des choix ont été faits très en amont et qui n'ont pas toujours pris en compte toutes les caractéristiques industrielles et géotechniques – de mon point de vue -, donc sur Fécamp, ce sera a priori des fondations en béton fabriquées au Havre et le choix est arrêté pour les autres projets. Au Tréport, à ma connaissance, ce sont des jackets métalliques dont l'endroit de fabrication n'est pas terminé aujourd'hui et Courseulles, ce sont des monopiles et le sol n'est pas aussi meuble que celui qu'il y a en mer du Nord, donc ces monopiles vont devoir être installées plus difficilement. Pour revenir à la question du bruit, il va évidemment y avoir des impacts bruit, alors que les GPS de Fécamp sont posés sans impact sur le sol, donc il n'y a pas de bruit.

Des choix technologiques ont été faits il y a 7 ou 8 ans et aujourd'hui, on vit avec. Sur le champ de Dunkerque, le concessionnaire a été sélectionné sans nécessairement dévoiler sa technologie, je pense qu'ils sont en train d'étudier ça. Les turbines, on ne sait pas si ce sont de 8, des 10 ou des 12, ils sont en train de déterminer ça.

Mme Hélène HERZOG-STASI, animatrice

Merci. Monsieur.

M. Roger SMADJA – AHCP et Écologie pour le Havre

Sur le problème des coûts, il faudrait intervenir. D'abord, rien ne prévoit forcément que la consommation d'électricité va augmenter, elle peut très bien baisser. Il y a plein de gens qui proposent de moins utiliser l'électricité. Sur les coûts, ça peut jouer. Deuxièmement, sur les coûts indirects, est-ce que le coût indirect par exemple au Havre de la mise en place des nouveaux quais a été intégrée ? Ça a été pris en charge à ma connaissance par le port autonome. Est-ce que c'est un coût lié à l'éolien ?

Deuxièmement, pour dire au Havre, monsieur PRUD'HOMME a dit – j'ai bien aimé, d'ailleurs – que Siemens avait supprimé 600 personnes à Bremerhaven, quelles garanties qu'il n'y aura pas 600 personnes qui viennent au Havre pour utiliser les emplois sur les 600 personnes qui devraient être embauchées au Havre ? D'ailleurs, Siemens a même annoncé la semaine dernière que les entreprises locales ne seraient pas forcément prioritaires pour avoir des emplois, puisqu'elles seront en concurrence avec des entreprises qui travaillent déjà avec eux dans le nord de la France. Dire qu'au Havre une usine Siemens va créer des emplois directs et indirects, je voudrais bien voir, mais ça m'étonnerait.

Mme Hélène HERZOG-STASI, animatrice

Merci, monsieur, c'était plus un commentaire qu'une question. Y a-t-il encore des questions ?

Intervenant dans la salle

Oui, une question pour SAIPEM, j'avais rencontré des ingénieurs de SAIPEM qui m'ont expliqué que vous travaillez à l'époque sur du stockage d'énergie avec de la chaleur permettant ensuite de produire de l'énergie mécanique. Savez-vous si ça débouche ou pas ? En gros, dans des containers, on mettait des briques spéciales permettant d'atteindre des chaleurs très importantes qu'on pouvait récupérer ensuite.

La deuxième question est pour savoir si on a pensé à faire comme à Copenhague qui est en train de mettre en place un grand système de stockage inter saisonnier de l'énergie dans des bassins, ça s'appelle des PTES, *pit thermal energy storage*, et le havre serait très bien placé pour cela, parce que nous avons des bassins qui



permettraient de stocker cette énergie. L'énergie excédentaire peut être stockée sous forme de chaleur dans la terre tout simplement puis récupérer ensuite dans les réseaux de chaleur. Pour avoir été un des pionniers du vélo en France, avoir ramené en France dans les années 70 l'idée que le vélo serait une solution pour nos problèmes environnementaux que nous connaissions déjà à l'époque. Pour avoir été un des pionniers il y a maintenant 50 ans, pour avoir amené en France le concept qu'il fallait construire des bâtiments permettant de faire vivre des personnes dépendantes, il y a 50 ans, les Suédois construisaient des logements permettant de maintenir les personnes dépendantes dans leur logement. J'ai ramené tout ça en France il y a 50 ans, j'aimerais bien que pour mes 120 ans, je ne m'aperçois pas que la France va se mettre au stockage inter saisonnier après avoir vu enfin la pierre philosophale. Voilà.

Mme Hélène HERZOG-STASI, animatrice

Merci également pour ce commentaire. Je crois qu'il y avait un doigt levé ici. Juste après, on conclut.

M. Philippe GAY

Juste une question, parce qu'il faut revenir sur les coûts. Nous sommes au Havre, nous connaissons la promesse d'une installation de l'usine Gamesa disons depuis 7 ou 8 ans. Il y a eu un épisode où la subvention gouvernementale au courant électrique acheté était passée de 220 € le MWh à 140 et là, pendant 6 mois, un an, a couru le flottement que finement, Gamesa ne viendrait pas s'installer au Havre. Je pose la question au représentant de Gamesa qui se trouve là, si demain – toujours désargenté, n'est-ce pas – décide de passer sa subvention, puisqu'il voit qu'on peut construire pour 44 € le MWh, je ne vais pas être chien, je baisse ma subvention de 140 à 80. Que fait Gamesa ? Est-ce que Gamesa peut dire dès maintenant qu'il restera au Havre ? Et puis, sachant que c'est une belle pompe à fric, 40 € le MWh en moyenne, et je l'achète 140, est-ce que Gamesa ne vient pas se refaire une santé qu'il n'a plus en Allemagne sur le dos du gouvernement français. Voilà ma question.

Mme Hélène HERZOG-STASI, animatrice

Éléments de réponse et ensuite, on conclut.

M. Cédric TURNACO Siemens Gamesa

Merci pour la question, je vais essayer d'apporter un éclairage. Comme ça a été présenté par le port du Havre en termes de calendrier, nous sommes sur un calendrier où d'ici le mois de juin de cette année, nous aurons lancé la construction de cette usine avec une mise en production fin 2021. Là-dessus, on aura un programme de recrutement, puisqu'on a démarré des usines à Hull en Angleterre pour produire des pales, en Allemagne pour produire des nacelles, on va démarrer les recrutements un an avant le démarrage de l'usine pour les encadrements et 6 mois pour les postes de production. C'est le calendrier. En ce qui concerne les projets, nous nous sommes un industriel, nous avons besoin d'outils de production, de manière à produire et alimenter les 5 parcs : le parc de Fécamp, de Courseulles, de Saint-Brieuc, du Tréport et de Yeu-Noirmoutier. On n'a pas de relation en tant que turbinier avec l'État français, puisque c'est notre client qui est en échange permanent avec l'État qui a aujourd'hui un *business case* et quand son projet est confirmé, il nous confirme la commande et nous, on active la construction de l'usine et le recrutement. C'est un peu ça le schéma, de manière simplifiée, mais c'est comme ça que ça va fonctionner.

Effectivement, les projets sont longs, on comprend qu'il y ait de l'impatience et du coup, l'impatience peut créer du doute. On ne peut que constater que malheureusement en France, les temps de développement sont le double de ce qu'on connaît partout en Europe. Donc, on plaide pour que ces temps se raccourcissent, de manière à concrétiser des emplois plus rapidement, ça passe par des simplifications, l'État français a fait beaucoup pour simplifier, mais force est de constater que d'autres projets en Europe se développent plus rapidement. On est mobilisés, on est très contents d'annoncer les travaux, si vous allez sur la zone du port, vous verrez que les travaux préparatoires sont en cours et je dirais maintenant qu'on est prêts à démarrer dans les délais indiqués.

Mme Hélène HERZOG-STASI, animatrice

Merci, l'heure est venue de conclure. Peut-être un mot, Antoine, vraiment rapidement sur l'économique.

M. Antoine RABAIN, discutant

Très rapidement, pour que tout le monde ait ses repères en sortant de la salle, qu'on soit pro ou anti éolien ou nucléaire, ce sont des éléments factuels. En moins de 10 ans, l'industrie a réussi à faire ce que les autres énergies renouvelables – éolien terrestre, solaire – ont mis 30 ans à faire. Quelques autres chiffres, on est passé de 50 € du MWh – c'est ce qu'on va retenir aujourd'hui –, le solaire, c'est 500 GW en capacité installés dans le monde et



on a attendu que 20 GW d'éoliennes offshore pour aller atteindre ces coûts. C'est un phénomène remarquable, assez peu anticipé chez les très pros de l'éolien en mer il y a encore 5 ans, on osait parler de ces frontières de 50 € le MWh en 2015, c'était inaccessible, on y est aujourd'hui, c'est massivement dû – vous l'avez compris – à l'augmentation des puissances, du rendement, la professionnalisation, la baisse des coûts. C'est aussi dû à l'ingénierie financière, les coûts de financement et la maîtrise des risques qui sont des éléments déterminants pour aller fixer ces baisses de coûts de l'ordre d'un tiers contre deux tiers pour la partie industrielle. Aujourd'hui, on y est, on peut présenter, cher monsieur, des éléments très zoomés, factuels sur des usines qui ferment ou qui ouvre, le sens de l'histoire est quand même un développement massif du renouvelable dans le monde et une création massive d'emplois. Ce mouvement est entamé, la question est : est-ce qu'on est capables en France d'aller aussi nourrir ces nouveaux vents – si vous permettez l'expression – et capter aussi un peu de valeur ajoutée industrielle sur ces nouveaux marchés, le Havre et dans d'autres villes aussi.

Mme Hélène HERZOG-STASI, animatrice

Monsieur le Président de la CPDP, Francis BEAUCIRE, la commande était pour un après-midi comme celui-là que nous montions un peu en compétence. On n'est pas forcément des spécialistes de l'éolien, il y a des personnes qui en sont des spécialistes et qui avaient peut-être besoin d'entendre d'autres points de vue. La commande est-elle remplie, qu'avez-vous pensé de cet après-midi et peut-être nous donner les prochains rendez-vous de ce débat qui ne fait pas que commencer, mais qui se poursuit encore longtemps ;

M. Francis BEAUCIRE, Président de la Commission particulière du débat public

Je voudrais d'abord dire que je suis impressionné, voilà 3 h 30 que vous êtes installés ici et vous êtes toujours là. C'est presque une performance – de mon point de vue – j'étais professeur de géographie et je ne crois pas que les étudiants sont restés 3 h 30 sans pause. Rémy PRUD'HOMME, mon collègue confirme tout de suite. On a appris beaucoup de choses, j'espère, pour moi, il n'y aura pas interrogation écrite tout de suite, parce qu'il y avait beaucoup d'informations sur des éléments techniques. En gros, l'objectif était : qu'est-ce qu'une éolienne, de quoi parle-t-on réellement et surtout concrètement. On a vu, l'éolien, sa vie, son œuvre, et on a vu aussi vie et mort de l'éolien, puisqu'on avait le démantèlement.

Nous autres, nous sommes 3 présents ici de la Commission du débat public, on est discrets, on est restés discrets, parce que nous devons rester discrets. Nous avons simplement écouté et enregistré. Ce qui m'intéresse à la fin de cette séance, ce sont les points qui ont fait discussion. Plusieurs points ont fait discussion, moi, j'en retiendrais deux ou trois et vous pourrez chacune et chacun d'entre vous vous faire votre propre point. Je crois que ce qui est revenu, comme dans tous les autres débats que nous avons vécus, c'est : quel rôle donne-t-on à l'éolien dans notre pays ? On, c'est la programmation pluriannuelle de l'énergie. C'est un point qui fait toujours discussion et il a amené avec lui, puisqu'il ne se promène pas tout seul, il vole en escadrille – je si puis dire – il a fait venir avec lui la question de la comparaison des différentes sources et des différentes façons de produire de l'électricité et évidemment, la question des coûts qui n'est pas complètement éclaircie de mon point de vue. Je pense que c'est une question qui reviendra à nouveau.

Le deuxième point, c'est l'irruption de l'éolien dans un espace géographique qui est surtout un volume, un volume habité, c'est la mer, un volume habité, c'est un écosystème. Tout à l'heure, monsieur BECQUET nous a rappelé que cet écosystème était certes très fréquenté, il a à peu près fait le panorama complet de l'exploitation et de la fréquentation de la mer et donc, les éoliennes, c'est un usager supplémentaire qui vient s'installer dans la mer. Aujourd'hui, ce n'était pas le sujet, certes, et c'est le moment pour la Commission de rappeler, je crois, que nous avons des thèmes. La question de la pêche, de la biodiversité de la mer, toutes ces questions ont été soit déjà étudiées, soit le seront et évidemment aujourd'hui, il était important qu'à un moment donné on rappelle que ces éoliennes font irruption dans ces milieux complexes et forts fréquentés.

J'en profite donc pour vous dire que la prochaine séance est le 24 janvier à Port-en-Bessin où il sera question de la pêche. À Port-en-Bessin, les pêcheurs pourront montrer les essais de pêche qu'ils ont faits dans des parcs virtuels. Car les pêcheurs de leur côté ont évidemment étudié les conséquences, les impacts de ces parcs. Le 31, nous irons au Tréport pour parler de nouveau de la pêche et le 8 février à Rouen, nous aurons la clôture de cette première séquence qui avait pour objectif d'apporter de la connaissance, d'échanger des opinions sur les connaissances, ce que vous avez fait ce soir.

Je voudrais terminer quand même en disant que ce débat public n'est pas tout à fait équivalent à ceux qui ont déjà été vécus en Normandie à propos des parcs éoliens en mer. Il y a une loi qui s'appelle la loi ESSOC, en 2018, je ne sais pas si vous avez retenu ce que signifie ESSOC, c'est : État au Service d'une Société de Confiance, ESSOC. Cette loi impose désormais que les débats publics demandent au public non pas de se prononcer sur des projets



ficelés, terminés en donnant leur avis, c'est-à-dire en s'exprimant seulement, mais désormais, le public est amené à construire sa propre réponse à la question posée, ce qui signifie qu'en gros cette loi fait passer le débat public d'une simple expression à ce que j'appellerais une construction. C'est un point important et c'est la raison pour laquelle ce seront probablement mes derniers propos, nous allons constituer après le 8 février des ateliers et toutes les personnes parmi vous qui souhaiteraient participer à ces ateliers peuvent se manifester. Vous avez une fiche dans le document que vous avez pu prendre sur les tables en arrivant. C'est une fiche questionnaire, vous pouvez vous manifester, donner vos coordonnées si vous êtes intéressés pour participer à ces ateliers de construction de la réponse. Voilà, est-ce que j'ai répondu à votre interrogation ?

Mme Hélène HERZOG-STASI, animatrice

Non, vous avez oublié de finir par une bonne nouvelle, vous avez une invitation à boire un verre, annoncer à toutes ces personnes qui ont été patientes pendant 3 heures et demie.

M. Francis BEAUCIRE, Président de la Commission particulière du débat public

Heureusement que vous êtes là. Merci en tout cas de votre patience et de votre intérêt.

Mme Hélène HERZOG-STASI, animatrice

Merci à tous et merci d'avoir joué le jeu de ce chronomètre.

Applaudissements dans la salle.

