

Projet éolien en mer de la Baie de Saint-Brieuc

LE DOSSIER du maître d'ouvrage

Débat public mars-juillet 2013



Ailes Marines S.A.S.
créée par

**eole
res**

 **IBERDROLA**

Édito



Emmanuel ROLLIN

Ailes Marines, Directeur de projet
Projet éolien en mer
de la Baie de Saint-Brieuc

Dans une époque où la situation de l'emploi est préoccupante, la France fait face à une opportunité historique : la possibilité de créer sur son territoire une nouvelle filière industrielle, liée à l'éolien en mer. Tel est le principal objectif de l'appel d'offres lancé par le gouvernement en 2011, pour lequel Ailes Marines a été lauréat pour le développement, la construction et l'exploitation d'un parc éolien en mer en Baie de Saint-Brieuc.

Ailes Marines, ses partenaires industriels et ses principaux fournisseurs ont intégré cet objectif. L'une des priorités du projet présenté dans ce dossier est de participer activement à la création de cette filière industrielle, porteuse d'emplois, en y associant notamment les acteurs bretons : installations portuaires, entreprises de toutes tailles, organismes de formation, etc. Les actionnaires d'Ailes Marines, IBERDROLA et EOLE-RES, deux acteurs majeurs des énergies renouvelables offrent, grâce à leurs nombreux projets au-delà des frontières de l'Hexagone, de larges perspectives pour une filière exportatrice.

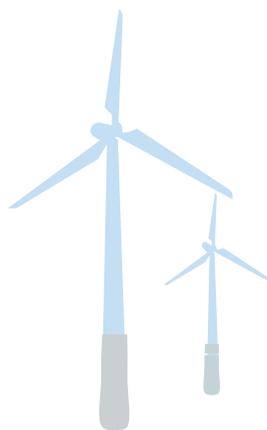
Mais les enjeux du projet ne sont pas seulement d'ordre économique et industriel. Pour répondre au défi énergétique et climatique, la France a défini un plan ambitieux de développement des énergies renouvelables. Le projet de la Baie de Saint-Brieuc fait partie de ce plan et participera tant à la réduction des gaz à effet de serre, qu'à l'indépendance énergétique du pays. La localisation du projet en Bretagne, véritable péninsule électrique, le rend d'autant plus stratégique. Élément clé du Pacte électrique breton, le futur parc éolien permettra de sécuriser l'alimentation électrique de la Région.

Autre enjeu de taille, le projet éolien en mer de la Baie de Saint-Brieuc se doit d'être intégré dans son territoire. C'est l'objectif recherché par Ailes Marines depuis le début du développement. Au-delà des études réalisées ou en cours, notre démarche est basée sur une large concertation qui a permis de construire un projet prenant en compte, autant que possible, les besoins et les attentes des acteurs concernés. C'est un projet que nous voulons respectueux de l'environnement et des usagers de la mer.

En complément des enseignements de la concertation menée par Ailes Marines, le débat public permettra à chacun de s'informer, de s'exprimer, de dialoguer, pour finalement enrichir encore plus le projet. Ce débat public éclairera les responsables de l'entreprise sur les suites à donner et lors des choix à opérer.

Nous invitons les citoyens, élus, usagers de la mer, acteurs économiques, sociaux et associatifs à participer nombreux à ce débat. Nous les remercions par avance pour leur contribution. Nous sommes convaincus que ce débat sera constructif et fructueux.

Sommaire



Avant-propos

p. 6

Chapitre 1

■ Pourquoi un parc éolien en mer en Baie de Saint-Brieuc ?

p. 10

1 ■ Trouver une solution durable aux urgences énergétiques et climatiques

p. 12

1-1 La production d'énergie : le défi de demain

p. 12

1-2 La lutte contre les gaz à effet de serre : un impératif planétaire

p. 15

1-3 Le choix des énergies renouvelables en France

p. 16

2 ■ L'éolien en mer : pour une croissance industrielle et économique

p. 18

2-1 L'éolien et les autres modes de production d'énergie électrique

p. 18

2-2 En Europe, l'éolien en mer prouve son efficacité

p. 24

2-3 L'éolien en mer : l'essor d'une filière industrielle

p. 25

3 ■ Un projet d'énergie renouvelable pour la Bretagne

p. 27

3-1 Résoudre la dépendance énergétique en Bretagne

p. 27

3-2 Un territoire tourné vers la mer

p. 31

3-3 Le développement d'un projet éolien en mer

en Baie de Saint-Brieuc : un choix raisonné et concerté p. 32

Chapitre 2

■ La définition du projet

p. 38

1 ■ Le diagnostic socio-économique, environnemental et paysager de la Baie

p. 40

1-1 La Baie de Saint-Brieuc : un espace maritime fréquenté

p. 41

1-2 Les servitudes aériennes

p. 48

1-3 Les données environnementales et paysagères du périmètre du projet

p. 48

2 ■ Les caractéristiques du projet

p. 55

2-1 La conciliation des enjeux techniques, socio-économiques, environnementaux et paysagers

p. 55

2-2 Une implantation équilibrée et respectueuse des activités existantes et des enjeux environnementaux

p. 56

2-3 Le choix des éoliennes

p. 59

2-4 Le choix des fondations

p. 60

2-5 Un plan de câblage optimisé en mer

p. 63

2-6 Le mât de mesure météorologique

p. 65

3 ■ Le coût et le financement du projet

p. 66

3-1 Un investissement de 2 milliards d'euros

p. 66

3-2 Le financement du projet

p. 67

4 ■ Le prix d'achat de l'électricité produite par le parc

p. 68

4-1 Un prix d'achat garanti

p. 68

4-2 Le prix d'achat, critère d'attribution de l'offre

p. 68

4-3 Le rôle de la Contribution au Service Public de l'Électricité

p. 69

Chapitre 3

■ Le projet en phases de fabrication et d'installation	p. 70
1 ■ Un plan industriel pour la Bretagne et le Grand Ouest	p. 72
1•1 Des éoliennes « made in France » pour le projet de Saint-Brieuc	p. 72
1•2 La fabrication des fondations jacket et de la sous-station électrique	p. 74
1•3 La fabrication des câbles électriques du parc	p. 76
1•4 Le développement d'une filière industrielle pérenne et exportatrice	p. 76
2 ■ L'installation du parc éolien en mer	p. 77
2•1 De l'installation des pieux à la mise en service du parc	p. 77
2•2 Le choix des navires d'installation	p. 78
3 ■ Les retombées socio-économiques générées en phases de fabrication et d'installation	p. 80
3•1 Un projet porteur d'emplois	p. 80
3•2 Un dispositif emploi-formation concerté avec les acteurs locaux	p. 80
3•3 Une contribution aux efforts de recherche et développement de la filière	p. 81
4 ■ Garantir des conditions de sécurité optimales en phase d'installation	p. 82
4•1 Les procédures liées à la sécurité en mer	p. 82
4•2 Sécuriser la navigation maritime en phase d'installation	p. 83
5 ■ La prise en compte des activités existantes et de l'environnement	p. 85
5•1 Les mesures liées aux activités existantes et aux usages de la mer	p. 85
5•2 Les impacts potentiels sur l'environnement	p. 87

Chapitre 4

■ Le projet en phase d'exploitation	p. 92
1 ■ Le suivi de production et la maintenance du parc : un levier de développement socio-économique	p. 94
1•1 Le suivi de production et la maintenance du parc éolien en mer	p. 94
1•2 Le port de maintenance en Baie de Saint-Brieuc	p. 95
1•3 La création d'emplois pérennes en Bretagne	p. 96
1•4 La formation et la qualification des futurs techniciens de maintenance	p. 97
2 ■ La sécurité du parc éolien en phase d'exploitation	p. 98
2•1 Le dispositif maritime et aérien de balisage et de signalisation du parc éolien	p. 98
2•2 Les effets potentiels du parc éolien sur les couvertures radioélectriques	p. 100
2•3 Les mesures spécifiques envisagées pour les moyens de recherche et de sauvetage en mer	p. 100
3 ■ Un projet compatible avec les activités humaines	p. 102
3•1 Le trafic maritime	p. 102
3•2 Les activités de pêche professionnelle	p. 102
3•3 La plaisance et les activités nautiques	p. 104
3•4 La diversification de l'offre touristique	p. 104
3•5 Les retombées fiscales nouvelles et pérennes	p. 105
4 ■ L'intégration des enjeux environnementaux et paysagers	p. 106
4•1 La préservation de l'environnement marin en phase d'exploitation	p. 106
4•2 L'optimisation paysagère	p. 111
4•3 Synthèse des impacts en phase d'exploitation	p. 114
4•4 L'évaluation des impacts potentiels sur l'environnement marin en phase de démantèlement	p. 115

Chapitre 5

■ L'après débat public et le calendrier du projet	p. 116
1 ■ La décision d'Ailes Marines sur la poursuite du projet	p. 118
2 ■ Une concertation et une information continues jusqu'au démantèlement du parc	p. 119
3 ■ La poursuite des études	p. 120
4 ■ Le calendrier prévisionnel du projet jusqu'au démantèlement	p. 120

Annexes

Décision de la CNDP	p. 122
Glossaire et liste des sigles	p. 123
Liste des personnes rencontrées	p. 128
Liste des études	p. 130



Un maître d'ouvrage, des compétences complémentaires

IBERDROLA et EOLE-RES ont créé un consortium en partenariat avec AREVA, TECHNIP et NEOEN Marine pour répondre à l'appel d'offres, lancé par l'État en 2011, portant sur des installations éoliennes en mer en France métropolitaine. Lauréats en avril 2012 pour le projet de parc éolien en mer de la Baie de Saint-Brieuc, IBERDROLA et EOLE-RES ont décidé de constituer une société par action simplifiée (SAS), dénommée Ailes Marines, détenue respectivement à 70 % et 30 %, en charge du développement, de la construction et de l'exploitation du parc.

Les deux porteurs de projet

IBERDROLA et EOLE-RES bénéficient d'une grande expérience sur des projets renouvelables à travers le monde, dont un nombre significatif de projets éoliens en mer.

IBERDROLA	EOLE-RES
<ul style="list-style-type: none"> – Producteur et fournisseur d'énergie – Groupe international implanté dans 40 pays, 30 000 employés, 46 300 MW de puissance installée – Leader mondial du secteur éolien avec 14 300 MW de puissance installée (septembre 2012) – Acteur majeur de la filière éolienne en mer en Europe, avec plus de 12 500 MW de portefeuille de projets – Acteur historique de l'éolien terrestre en France – Forte implication dans la recherche en matière d'énergies marines renouvelables en Europe (projets pilotes : houlomoteur, hydrolienne, éolienne flottante, etc.) – Siège de la filiale française d'IBERDROLA à Paris, une antenne à Rennes et bientôt à Saint-Brieuc 	<ul style="list-style-type: none"> – Développeur et opérateur en énergies renouvelables – Groupe issu du rapprochement d'Eole Technologie (développement de parcs éoliens depuis 1995) et de Renewable Energy Systems (RES) – Forte expérience du groupe RES dans le secteur des énergies renouvelables depuis 30 ans (développement, ingénierie, construction, exploitation et maintenance des projets d'énergie renouvelable) – Présence importante dans l'éolien en mer au Royaume-Uni, notamment en mer d'Irlande (4 000 MW en projet) – En France, 420 MW d'énergies renouvelables installés (éolien et solaire) et 3 000 MW en projet – Siège d'EOLE-RES à Avignon, des antennes à Paris, Lyon, Dijon, Bordeaux et bientôt à Saint-Brieuc

IBERDROLA et EOLE-RES collaborent sur des projets éoliens terrestres en France, depuis 2007. Grâce à cette expérience, les deux entreprises ont été en mesure de constituer une équipe projet intégrée pour Saint-Brieuc, conjuguant les compétences et l'expertise des deux groupes.

Les partenaires et principaux fournisseurs du consortium

Pour mener à bien son projet, IBERDROLA et EOLE-RES ont réuni 3 partenaires :

- > un grand industriel français de l'énergie : AREVA, en charge de la fabrication et de la maintenance de l'ensemble des éoliennes du futur parc⁽¹⁾ ;
- > un spécialiste français des travaux complexes en mer : TECHNIP, en charge de l'installation du parc éolien en mer⁽¹⁾ ;
- > un développeur français historique de l'éolien en mer : NEOEN MARINE, qui apporte sa connaissance du territoire et des parties prenantes du projet.

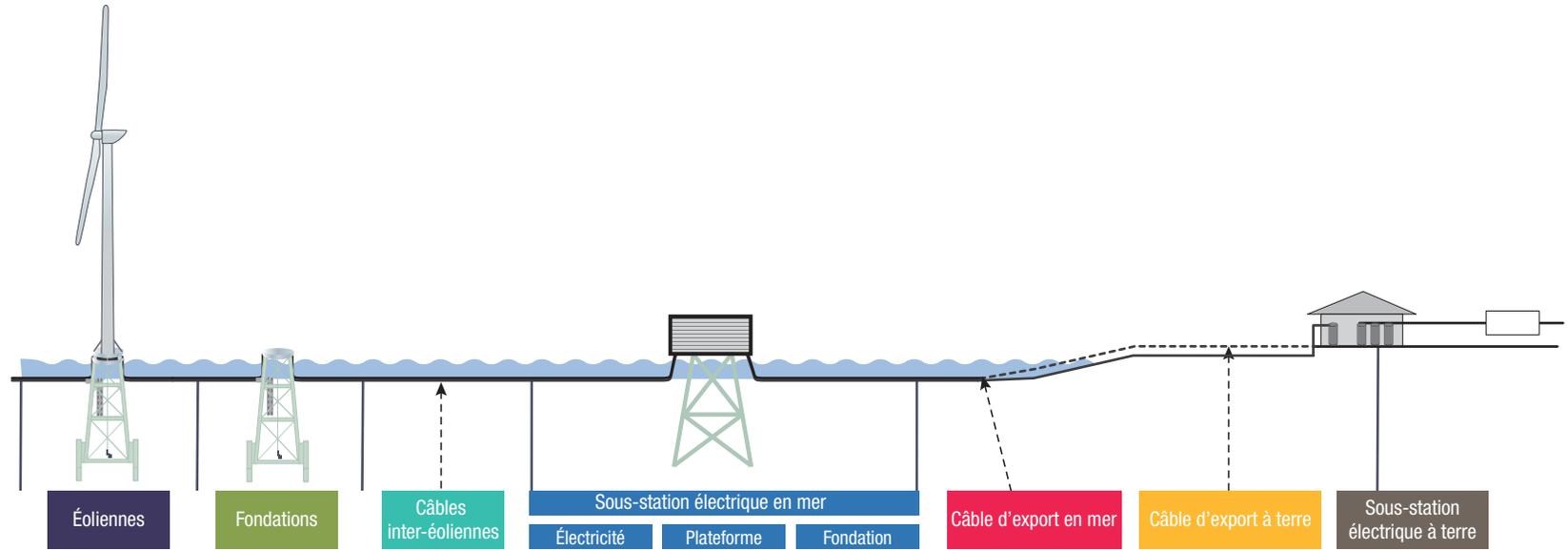
Aux partenaires présentés ci-dessus s'ajoutent 2 fournisseurs français majeurs : Eiffage et STX, pour la fabrication des fondations et de la sous-station électrique en mer.

Le consortium considère que l'association des compétences, des expertises industrielles, des savoir-faire et des retours d'expériences de ces entreprises offre la palette de ressources nécessaires au projet de Saint-Brieuc.

La coopération d'IBERDROLA et d'EOLE-RES avec leurs partenaires industriels participe concrètement au développement d'une filière française compétitive à l'export, pérennisant ainsi les emplois au-delà du seul projet de Saint-Brieuc (Cf. Chapitre 1, p. 35).

⁽¹⁾ Voir à ce titre les Chapitres 3 et 4.

Les partenaires industriels et les principaux fournisseurs d'Ailes Marines



Conception	AREVA	stx France EIFFAGE	À définir	ALSTOM	stx France EIFFAGE	stx France EIFFAGE
Fabrication	AREVA	stx France EIFFAGE	À définir	ALSTOM	stx France EIFFAGE	stx France EIFFAGE
Installation en mer	Technip	Technip	Technip	Technip	Technip	Technip
Mise en service	AREVA	Technip	Technip	stx France EIFFAGE	stx France EIFFAGE	stx France EIFFAGE
Suivi de production et maintenance	IBERDROLA RES AREVA	DCNS	IBERDROLA RES	IBERDROLA RES	IBERDROLA RES	DCNS
Démantèlement	IBERDROLA Technip RES					

Rte

Réseau de transport d'électricité

L'exploitant du réseau français sera responsable jusqu'à la sous-station en mer

AREVA

- Groupe français, leader mondial des solutions de production d'énergie à faibles émissions de CO₂.
- Numéro un mondial du nucléaire et leader des solutions pour la production d'énergies renouvelables : éolien en mer, solaire thermique à concentration, biomasse et hydrogène comme solution de stockage d'énergie.
- Un des trois premiers acteurs mondiaux de l'éolien en mer, grâce à la technologie éprouvée de sa plateforme éolienne M5000, spécialement conçue pour l'éolien en mer :
 - premier prototype installé à terre dès 2004 ;
 - six éoliennes en fonctionnement depuis 2009 sur le premier parc éolien allemand en mer alpha ventus ;
 - 120 éoliennes supplémentaires installées en mer à l'horizon 2014, renforçant encore le retour d'expérience sur la production de série, l'installation et la maintenance des éoliennes.

Fort de cette expertise, AREVA pourra déployer, en France, un plan industriel ambitieux, en construisant au Havre deux usines pour la production des nacelles et des pales, un banc d'essai à pleine puissance et une base logistique. Le plan de déploiement du groupe permettra d'associer un réseau de partenaires industriels à travers le territoire français, tout particulièrement dans le Grand Ouest.

TECHNIP

- Groupe français, leader mondial du management de projets, de l'ingénierie et de la construction pour l'industrie de l'énergie en mer.
- Implanté dans 48 pays, sur tous les continents.
- Équipé d'une flotte de navires spécialisés dans l'installation de flexibles et ombilicaux et la construction sous-marine.
- Doté d'une division dédiée, TECHNIP Offshore Wind, créée en 2011, pour proposer des services spécialisés dans l'installation d'éoliennes en mer.
- Avec l'ambition de devenir un acteur majeur sur le marché de l'éolien en mer :
 - installation pour Statoil de Hywind, première éolienne flottante de taille industrielle ;
 - chef de file du projet Vertiwind, technologie innovante d'éolienne flottante ;
 - acquisition de Subocean Group, société qui a réalisé 50 % des installations de câbles de parcs éoliens en mer en cours d'activité en Grande-Bretagne.

TECHNIP est aujourd'hui impliqué dans des projets structurants dans le secteur de l'éolien en mer, comme le Centre européen de développement de l'éolien offshore (European Offshore Wind Development Centre – EOWDC) ou AREG (Aberdeen Renewable Energy Group). Au niveau national, TECHNIP est membre fondateur de France Énergies Marines (Brest) et de l'association WIN.

NEOEN MARINE

- Société française créée sous l'égide de NEOEN.
- Reconnue pour son expertise en matière de développement de projets industriels d'énergie marine renouvelable dans le respect des enjeux territoriaux.
- Liée à la Caisse des Dépôts et Consignations, entrée à son capital en avril 2011 dans le but de créer conjointement un véhicule de développement de projets d'énergies marines en France.
- Auteur dès 2007 d'une analyse détaillée des zones du littoral français se prêtant au développement de parcs éoliens en mer.

Dans ce cadre, NEOEN MARINE a participé activement à la concertation menée par les services de l'État pour la définition des zones propices à l'éolien en mer afin de faire émerger des projets pérennes, tel que celui de Saint-Brieuc.



Le débat public, un moment clé dans la vie d'un projet

Créée par les lois « Barnier » du 2 février 1995 et « Démocratie et proximité » du 27 février 2002⁽¹⁾, la procédure de débat public permet à chacun de s'informer, de s'exprimer et de débattre sur l'opportunité et les principales caractéristiques d'un projet.

La Commission Nationale du Débat Public (CNDP) est une autorité administrative indépendante chargée d'organiser la procédure du débat public sur les projets dont elle est saisie. Cette saisine est obligatoire, dans le cas des projets d'équipements industriels dont le coût prévisionnel est supérieur à 300 millions d'euros⁽²⁾. La CNDP décide de l'opportunité d'organiser un débat public ou une concertation sur les projets et détermine les modalités des échanges.

En raison des exigences stipulées dans le cahier des charges et du coût prévisionnel du projet de la Baie de Saint-Brieuc, Ailes Marines a saisi la CNDP. Celle-ci a décidé de l'organisation d'un débat public, par décision du 5 septembre 2012 et en a confié l'animation à une Commission Particulière du Débat Public (CPDP).

Qu'est ce qu'un dossier du maître d'ouvrage ?

Débattre et discuter des objectifs et des caractéristiques techniques d'un projet nécessite d'être informé. C'est l'objectif du dossier du maître d'ouvrage. Il fournit au public une synthèse des connaissances dont dispose le maître d'ouvrage sur son projet, au moment de la rédaction du dossier.

LE MAÎTRE D'OUVRAGE

Le maître d'ouvrage est celui pour le compte duquel est exécuté un ouvrage qu'il utilise ou exploite. Il s'assure de la conception et de la faisabilité du projet, définit le processus de réalisation et le finance. Ailes Marines est le maître d'ouvrage du projet éolien en mer de la Baie de Saint-Brieuc.

⁽¹⁾ Loi n° 95-101 du 2 février 1995 relative au renforcement de la protection de l'environnement; loi n° 2002-276 du 27 février 2002 relative à la démocratie de proximité.

⁽²⁾ Articles L. 121-8 et R. 121-2 du Code de l'environnement.



Pointe de Plouézec



Chapitre 1

Pourquoi un parc éolien en mer *en Baie de Saint-Brieuc ?*

1. Trouver une solution durable aux urgences énergétiques et climatiques
2. L'éolien en mer: pour une croissance industrielle et économique
3. Un projet d'énergie renouvelable pour la Bretagne



*P*our la plupart des États de la planète comme pour une grande partie de la communauté scientifique internationale, le temps des divergences de points de vue est dépassé face à la menace du réchauffement climatique. Pour les pays non producteurs (de pétrole ou de gaz), les ambitions mondiales de réduction de gaz à effet de serre rejoignent l'objectif de réduire la consommation et les importations de pétrole, de gaz naturel et de charbon afin d'assurer l'indépendance énergétique.

Après avoir rappelé les principaux enjeux climatiques et énergétiques planétaires, ce chapitre présente les engagements européens et nationaux en matière d'énergies renouvelables fixés à l'horizon 2020 (**partie 1**). C'est au regard de ces nouveaux objectifs et des atouts du « modèle éolien » en termes de croissance industrielle et économique (**partie 2**), que l'État a lancé un appel d'offres portant sur la construction d'un parc éolien en mer en Baie de Saint-Brieuc. Il s'agit d'un projet adapté à la situation de « péninsule électrique » de la Bretagne. Avant même sa désignation comme lauréat, Ailes Marines a rencontré l'ensemble des acteurs bretons et costarmoricains pour construire un projet de production d'énergie, mais aussi un « projet de territoire » (**partie 3**).



1. Trouver une solution durable aux urgences énergétiques et climatiques

L'épuisement programmé du pétrole et du gaz naturel, l'augmentation constante du prix de ces deux ressources fossiles et leur forte contribution à l'émission croissante des gaz à effet de serre plaident pour un plus grand recours aux énergies alternatives et renouvelables.

1-1 La production d'énergie: le défi de demain

1-1-1 La raréfaction des sources d'énergies

Près de 80 % de la consommation énergétique mondiale (transport, industries, chauffage)⁽¹⁾ est issue des énergies fossiles. Pourtant, les réserves de pétrole, de gaz et de charbon sont limitées⁽²⁾ :

- > l'épuisement des réserves prouvées de pétrole sera effectif à l'horizon 2050;
- > les réserves de gaz s'épuiseront une vingtaine d'années plus tard, vers 2070.

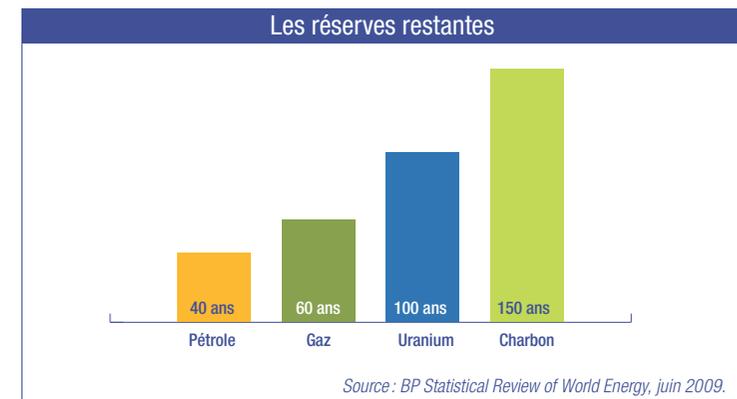
LE SAVIEZ-VOUS?

POURQUOI ÉNERGIES « FOSSILES » ?

Le pétrole, le gaz naturel et le charbon sont qualifiés d'énergies fossiles, car elles sont le produit, piégé dans des formations géologiques, de la décomposition de matières organiques, au terme d'un processus de plusieurs dizaines de millions d'années.

Elles ne sont pas identifiées comme des énergies renouvelables, car la reconstitution de leurs stocks nécessite un temps très long.

À noter: le pétrole, le gaz naturel et le charbon sont qualifiés d'énergies « conventionnelles » en raison de leur utilisation historique. À l'inverse, le gaz de schiste, d'exploitation récente aux États-Unis notamment, est une énergie considérée comme « non conventionnelle ». Que les énergies fossiles soient conventionnelles ou non conventionnelles, leur combustion est productrice de gaz à effet de serre.



De son côté, le charbon ne pourra continuer à être exploité qu'au prix d'un impact environnemental croissant.

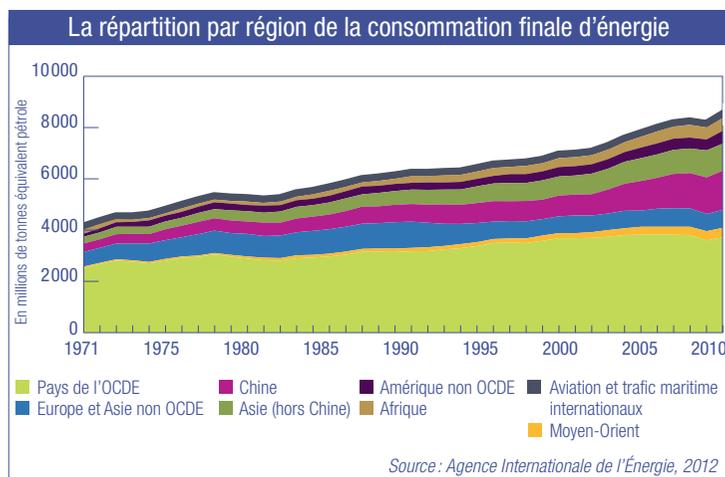
Enfin, l'uranium, élément minéral dont la fission permet la réaction nucléaire, ne bénéficie plus que d'un siècle de réserves⁽³⁾.

Une croissance de la demande d'énergie

En raison de la forte croissance de la population mondiale, du développement industriel et de l'évolution des modes de vie, la demande d'énergie est en forte expansion ces dernières décennies.

D'après le scénario de référence de l'Association Internationale de l'Énergie

(AIE)⁽⁴⁾, la demande mondiale en énergie devrait croître de 40 % entre 2007 et 2030. La consommation des pays émergents d'Asie, suivie de celle du Moyen-Orient, seront les principales causes de cette augmentation. L'électricité et les transports devraient être les secteurs pour lesquels la demande d'énergie va augmenter le plus rapidement, au niveau mondial, d'ici à 2030.



En France et en Europe: hausse des prix et dépendance énergétique

La consommation d'énergie primaire des pays de l'Union européenne (UE) représente 20 %⁽⁵⁾ de la consommation mondiale. Elle augmente de 1 à 2 % par an environ. La France consomme 15 % de l'énergie primaire consommée dans l'UE⁽⁶⁾. Parallèlement, les prix du pétrole et du gaz augmentent fortement depuis les années 2000. Cette hausse de prix supportée par les consommateurs s'accompagne d'une accentuation de dépendance de la France vis-à-vis des pays fournisseurs.

⁽¹⁾ Source: AIE, Key World Energy statistics, 2009.

⁽²⁾ Source: BP Statistical Review of World Energy, juin 2009.

⁽³⁾ Source: Rapport Global Uranium Supply Ensured for Long Term, Agence de l'OCDE pour l'Énergie Nucléaire (AEN) et AIEA (Agence internationale pour l'Énergie Atomique), juillet 2012.

⁽⁴⁾ Source: AIE, World Energy Review – 2006, 2007.

⁽⁵⁾ Source: Eurostat/Chiffres clés de l'AIE – 2011.

⁽⁶⁾ Source: Les chiffres clés de l'énergie - Édition 2011, Commissariat général au développement durable.

LA DÉPENDANCE ÉNERGÉTIQUE DE LA FRANCE

Le pétrole représente plus de 80 % de la facture énergétique française devant le gaz (19 %).

En 2008, la facture énergétique française s'est élevée à 59,2 milliards d'euros⁽¹⁾. En 2011, le montant payé par la France pour ses importations d'énergie a atteint 61,4 milliards d'euros⁽¹⁾, soit quatre fois plus qu'il y a vingt ans. L'énergie est devenue aujourd'hui le premier facteur du déficit commercial français.

⁽¹⁾ En euros constants. Source: Le bilan énergétique de la France en 2011, Commissariat général au développement durable.

1-1-2 De l'énergie à l'électricité: la situation française

Une hausse de la consommation d'électricité en France

En France, l'électricité représente 42 % de la consommation globale d'énergie. La consommation d'énergie électrique a tendance à augmenter plus vite que celles des autres énergies :

- > l'augmentation de la consommation des ménages approche les 7 % par an depuis 2001⁽⁷⁾ ;
- > chaque pic de consommation relevé par le gestionnaire du réseau d'électricité Réseau de Transport d'Électricité (RTE) ces 6 dernières années est supérieur au précédent.

Notons que ce sont les secteurs industriels et résidentiels (et non celui des transports) qui sont les plus gros consommateurs d'électricité (Cf. schéma ci-après et Chapitre 1, p. 27 pour la situation bretonne).

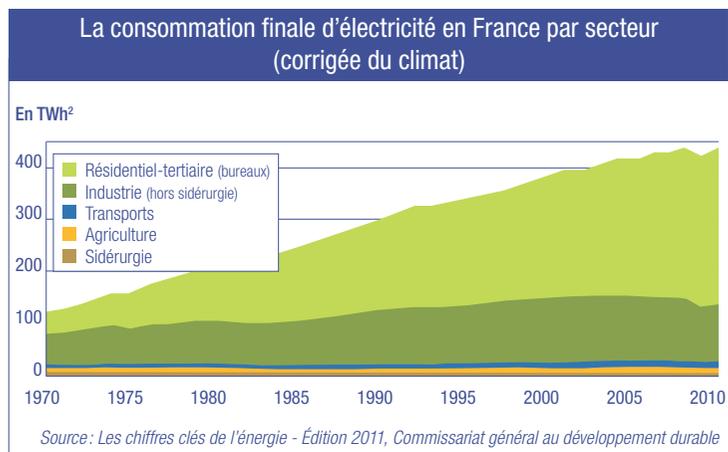
⁽⁷⁾ Source: RTE.

LE SAVIEZ-VOUS ?

LA CONSOMMATION D'ÉNERGIE PRIMAIRE ET FINALE

Selon l'Insee, l'énergie primaire correspond à l'ensemble des produits énergétiques non transformés, exploités directement ou importés (pétrole brut, gaz naturel, combustibles minéraux solides, biomasse, rayonnement solaire, énergie hydraulique, énergie du vent, géothermie et énergie tirée de la fission de l'uranium). La consommation d'énergie primaire est donc la consommation d'énergie non transformée après extraction ou production.

La consommation d'énergie finale est, quant à elle, l'énergie disponible pour le consommateur final (exemple: essence à la pompe, électricité au foyer ou en entreprise, etc.). Sont donc exclues, par rapport à l'énergie primaire, les pertes liées à la distribution (exemple: perte en ligne) ou à la transformation (exemple: production d'énergie à partir de charbon).



Note : la consommation corrigée du climat correspond à la consommation finale d'électricité, corrigée des variations de température et des particularités calendaires (années bissextiles). Ainsi corrigées, les consommations sont comparables d'une année sur l'autre, car non dépendantes de l'aléa climatique⁽¹⁾.

Le « mix énergétique » français

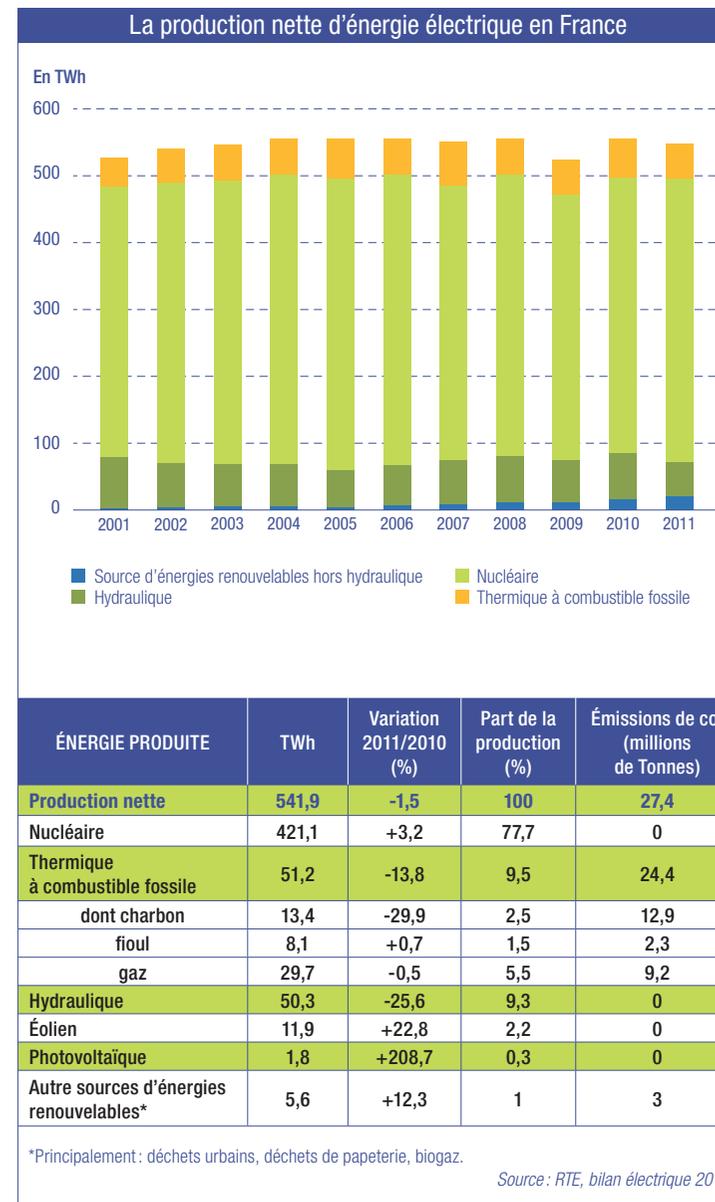
Le mix énergétique est la proportion des différentes sources d'énergies primaires consommées (renouvelables, minérales, fossiles) dans la production globale d'énergie.

S'agissant précisément de la production électrique française, en France, en 2011, elle est à 77,7 % d'origine nucléaire, à 9,5 % d'origine thermique dit « classique » (c'est-à-dire que l'électricité est produite à partir des combustibles fossiles), à 9,3 % d'origine hydraulique et à 2,2 % d'origine éolienne terrestre (voir schéma ci-après)⁽²⁾. Le reste est réparti entre les autres sources d'énergies renouvelables.

L'augmentation de la production d'électricité à partir d'énergies renouvelables doit permettre d'accroître la diversification et la sécurisation du « mix énergétique » français. Elle vise également à assurer une diminution des émissions de gaz à effet de serre et à une réduction de la dépendance énergétique nationale.

⁽¹⁾ Source : Observatoire de l'industrie électrique.

⁽²⁾ Source : RTE, Bilan électrique 2011.



LE SAVIEZ-VOUS?

LES GAZ À EFFET DE SERRE

L'effet de serre est d'abord un phénomène naturel. Présents en petite quantité dans l'atmosphère, certains gaz comme le dioxyde de carbone, la vapeur d'eau ou le méthane retiennent une large part de l'énergie solaire renvoyée vers l'espace par la Terre. Ce faisant, ils maintiennent l'atmosphère à une température moyenne d'environ 15 °C. Or, le développement des activités humaines accroît la quantité de gaz à effet de serre, avec pour conséquence une augmentation de la température à la surface du globe et un risque d'importants changements climatiques sur la planète⁽¹⁾. Les principales sources de gaz à effet de serre dues à l'homme sont la combustion d'énergies fossiles (charbon, gaz, pétrole), l'agriculture, le changement d'affectation des sols (déforestation) ainsi que l'utilisation de certains gaz industriels⁽²⁾.

⁽¹⁾ Source : Ademe.

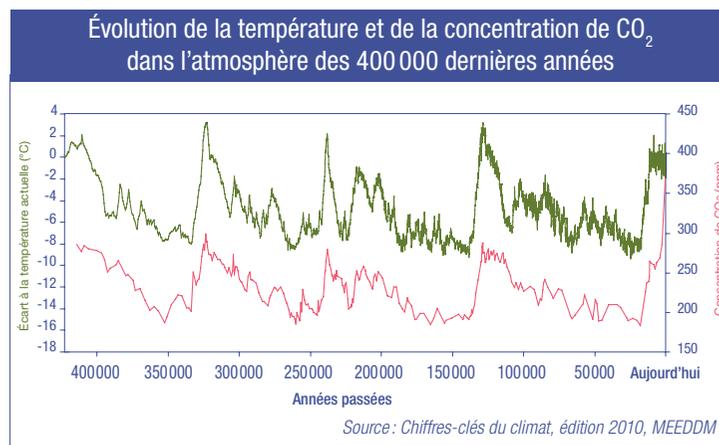
⁽²⁾ Source : Agence Européenne pour l'Environnement, 2011.

1-2 La lutte contre les gaz à effet de serre: un impératif planétaire

1-2-1 Le réchauffement climatique mondial est tangible et mesurable

Une évolution sensible des températures

L'élévation moyenne de la température du globe au XX^e siècle a été estimée à 0,74°C, selon le Groupe international des experts du climat (GIEC) dans son quatrième rapport (2007). Quels que soient les modèles statistiques retenus, la communauté scientifique n'envisage pas de réduction du processus de réchauffement au cours du XXI^e siècle. D'après le GIEC, si aucune politique énergétique volontariste n'est mise en place, les températures mondiales pourraient encore connaître une augmentation de 1,8 à 4,0°C d'ici à 2100⁽³⁾ (hypothèse confirmée par le rapport 2012 de la Banque mondiale⁽⁴⁾).



Le changement climatique a un coût

Au-delà des conséquences à long terme attendues du réchauffement climatique (migrations des populations, bouleversements agricoles, événements météorologiques violents), son coût était évalué à un montant compris entre 1 100 milliards et plus de 4 000 milliards d'euros par an en 2006⁽⁵⁾. À titre d'exemple, dans le domaine de la santé, ce sont 500 millions d'euros⁽⁶⁾ qui sont mobilisés, en France, pour chaque événement caniculaire similaire à celui connu en 2003.

LE GIEC, PLUS DE 20 ANS D'EXISTENCE

En 1988, l'Organisation des Nations unies (ONU) a constitué un groupe intergouvernemental d'experts, le GIEC, afin d'étudier finement la réalité du changement climatique et d'en comprendre les causes. Plus de 2 500 scientifiques issus de 130 pays ont participé à la rédaction de son quatrième rapport (2007). Les rapports du GIEC, après l'approbation des États représentés, sont destinés à éclairer les gouvernements de la planète sur les aspects scientifiques, ainsi que sur les impacts économiques et humains du réchauffement planétaire. Le prochain rapport sera publié en 2014.

1-2-2 De Kyoto au paquet climat-énergie, l'engagement des États en faveur des énergies renouvelables

De Kyoto à Rio + 20, la voie des énergies renouvelables est tracée

La Convention cadre des Nations unies sur les changements climatiques, signée le 9 mai 1992, a lancé le mouvement de lutte contre le réchauffement climatique et de réduction des gaz à effet de serre. Cinq ans après le premier Sommet de la Terre, réuni à Rio du 3 au 14 juin 1992, le premier protocole à la Convention cadre, signé à Kyoto le 11 décembre 1997, a affirmé l'urgence d'une réduction forte des émissions de gaz à effet de serre, fixé pour la première fois des objectifs contraignants et encouragé, notamment, « la recherche, promotion, mise en valeur et utilisation accrue de sources d'énergie renouvelables ». Le recours aux énergies renouvelables a été récemment réaffirmé lors du sommet marquant le vingtième anniversaire du Sommet de la Terre, dit « Rio + 20 », organisé à Rio de Janeiro du 20 au 22 juin 2012.

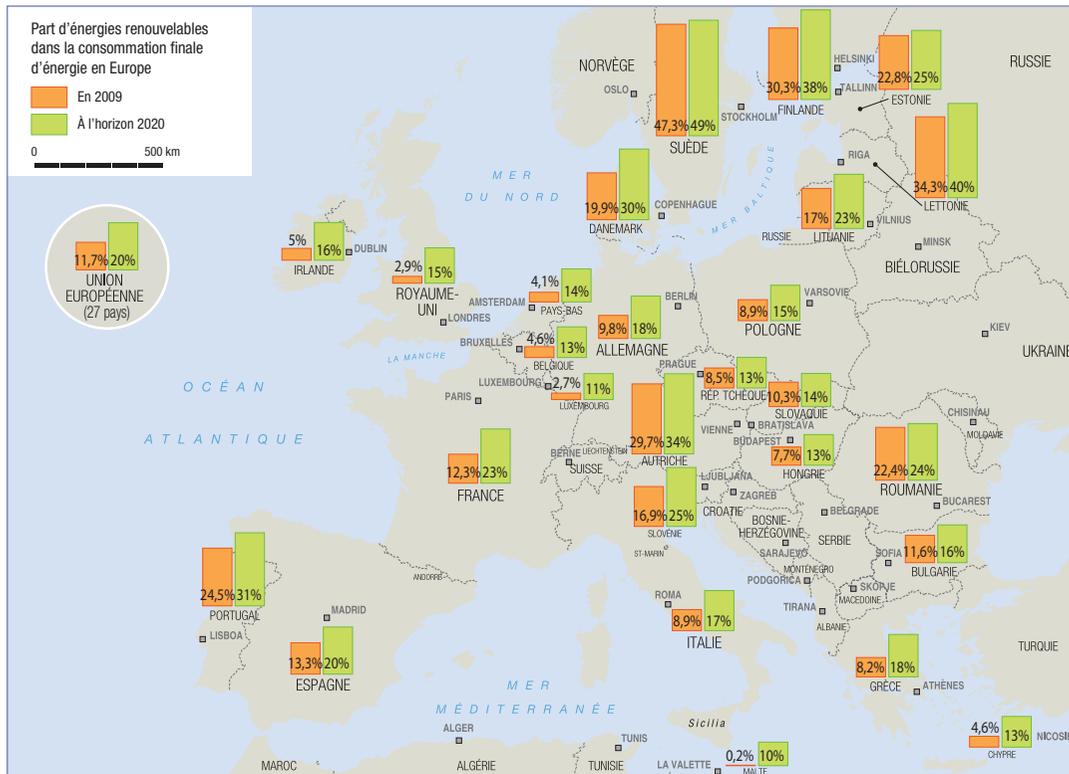
⁽³⁾ Source : Agence Européenne pour l'Environnement, 2011.

⁽⁴⁾ Rapport de la Banque mondiale, novembre 2012.

⁽⁵⁾ Source : Rapport Stern, 2006.

⁽⁶⁾ Source : Économie de l'adaptation au changement climatique, Conseil économique pour le développement durable, 2010.

La part des énergies renouvelables dans la consommation finale d'énergie en Europe



Source : Eurostat, 2011

Le paquet climat-énergie : les priorités communautaires

Dès la fin des années 1990 et le début des années 2000, l'Union européenne (UE) s'est engagée dans les voies des énergies renouvelables en favorisant ces modes production⁽¹⁾. Cette orientation a été confirmée le 12 décembre 2008 avec l'adoption du **paquet climat-énergie**⁽²⁾, également appelé **plan climat** de l'Union européenne, qui définit une politique volontaire dans la lutte contre le réchauffement climatique. L'UE a, en effet, souhaité aller plus loin que les objectifs internationaux, tels ceux définis dans le protocole de Kyoto.

Ce plan doit permettre à l'UE d'atteindre d'ici à 2020 le triple objectif, dit des « trois fois vingt », qu'elle s'était fixé en 2007 :

- > réduire de 20 % les émissions de gaz à effet de serre par rapport à leurs niveaux de 1990 ;

- > porter la part des énergies renouvelables à 20 % de la consommation énergétique totale de l'UE (contre 12,4 % en 2010)⁽³⁾ ;

- > réaliser 20 % d'économie d'énergie.

L'ambition affichée par l'UE est de contribuer à la limitation du réchauffement climatique de la planète à 2°C d'ici à 2100.

Pour y parvenir, en ce qui concerne le développement des énergies renouvelables, le plan climat-énergie a été traduit dans la directive du 23 avril 2009⁽⁴⁾, qui fixe des objectifs contraignants pour chacun des États membres. **Pour la France, la part des énergies renouvelables dans la consommation d'énergie finale a été fixée à 23 % à l'horizon 2020.**

1-3 Le choix des énergies renouvelables en France

1-3-1 L'engagement de l'État en faveur d'une transition énergétique durable

Les premières mesures

Dès le début des années 2000, l'État entre dans la voie du développement des énergies renouvelables. La loi du 10 février 2000⁽⁵⁾ a pour objet d'organiser l'**ouverture à la concurrence du marché de l'électricité**. Elle met également en place le **mécanisme de l'obligation d'achat pour favoriser la production d'énergie renouvelable**.

La loi POPE

Adoptée le 13 juillet 2005⁽⁶⁾, la loi de Programme fixant les orientations de la politique énergétique (POPE) souligne l'intérêt de combiner différentes sources d'énergie dans le cadre du mix énergétique.

⁽¹⁾ Directive 96/92/CE du 19 décembre 1996 concernant des règles communes sur le marché de l'électricité ; Directive 2001/77/CE du 27 septembre 2001 relative à la promotion de l'électricité produite à partir de sources d'origine renouvelables sur le marché intérieur de l'électricité.

⁽²⁾ Adopté par le Conseil européen, réuni à Bruxelles les 11 et 12 décembre 2008.

⁽³⁾ Source : EurObserv'ER, décembre 2011.

⁽⁴⁾ Directive 2009/28/CE du 23 avril 2009 relative à la promotion de l'utilisation de l'énergie produite à partir de sources renouvelables.

⁽⁵⁾ Loi n° 2000-108 du 10 février 2000 relative à la modernisation et au développement du service public de l'électricité.

⁽⁶⁾ Loi n° 2005-781 du 13 juillet 2005.

La loi fixe ainsi 4 orientations :

- > contribuer à l'indépendance énergétique nationale et garantir la sécurité d'approvisionnement ;
- > assurer un prix compétitif de l'énergie ;
- > préserver la santé humaine et l'environnement, en particulier en luttant contre l'aggravation de l'effet de serre ;
- > garantir la cohésion sociale et territoriale en assurant l'accès à l'énergie pour tous.

Ces objectifs passent notamment par une diversification du mix énergétique français et par la maîtrise de la demande en énergie.

Le Grenelle Environnement

Le Grenelle Environnement confirme ces orientations en matière de développement des énergies renouvelables. La loi Grenelle 1 du 3 août 2009⁽¹⁾ fixe les objectifs nationaux, en reprenant notamment l'objectif, fixé dans la directive du 23 avril 2009, de 23 % d'énergie issue de sources renouvelables dans la consommation d'énergie finale contre 12,3 %⁽²⁾ aujourd'hui. La loi Grenelle 2 du 12 juillet 2010⁽³⁾ constitue la mise en application des engagements de l'État définis dans le Grenelle 1.

Dans le cadre du Grenelle Environnement, ont été déclinés, par filière, des objectifs de production à partir des différentes sources d'énergie renouvelables. **L'énergie éolienne représente l'essentiel de l'effort fixé par le Grenelle Environnement en matière de développement de l'électricité d'origine renouvelable d'ici à 2020** : cette énergie doit ainsi produire 4,9 millions de tonnes équivalent pétrole (Mtep) supplémentaires, sur les 7,2 Mtep supplémentaires à produire en électricité d'origine renouvelable, soit près de 70 % de l'objectif⁽⁴⁾.

L'arrêté du 15 décembre 2009 de programmation pluriannuelle des investissements de production d'électricité prévoit un **accroissement important du parc éolien français**, de 7 195 MW installés en 2012⁽⁵⁾ à 25 000 MW en 2020, dont 6 000 MW pour l'éolien en mer. Cet objectif implique la mise en place d'une politique très volontariste.

La concrétisation des engagements de l'État pour l'éolien en mer : le lancement d'un appel d'offres en 2011

L'ambition de la France est donc que l'énergie éolienne en mer et les autres énergies marines contribuent à produire 3,5 % de la consommation d'électricité en 2020. Pour commencer à répondre à cet objectif, un **appel d'offres a été lancé par l'État le 5 juillet 2011, portant sur le développement, la construction et l'exploitation de 5 parcs éoliens en mer**, sur 5 zones distinctes (pour plus de précisions sur l'appel d'offres, se référer au Chapitre 1, p. 34).

1-3-2 La Conférence environnementale 2012 : des objectifs confirmés

Dans le prolongement du Grenelle Environnement, la Conférence environnementale, qui s'est tenue les 14 et 15 septembre 2012, a constitué une étape supplémentaire et a permis une clarification des mesures en faveur du développement des énergies renouvelables. La Conférence a souligné que **la transition énergétique est porteuse de croissance, d'innovation et d'amélioration de la qualité de vie**. Plusieurs orientations ont été dévoilées en faveur de la production énergétique renouvelable, parmi lesquelles :

- > la diversification du « mix énergétique » en 2025, à travers l'augmentation de la part des énergies renouvelables et la réduction de la part du nucléaire dans la production d'électricité à 50 % (contre 77 % actuellement) ;
- > la visibilité tarifaire et réglementaire des filières durables (les filières de l'éolien et du photovoltaïque ont subi des modifications tarifaires et réglementaires répétées qui les ont déstabilisées) ;
- > la simplification des procédures administratives pour le développement des projets éoliens ;
- > l'extension des projets éoliens en mer, avec le lancement d'un nouvel appel d'offres pour la création de parcs éoliens en mer au large du Tréport et de Noirmoutier.

⁽¹⁾ Loi n° 2009-967 du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle Environnement.

⁽²⁾ Source : Insee (2009).

⁽³⁾ Loi n° 2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement.

⁽⁴⁾ Selon les objectifs fixés par le Comité opérationnel (COMOP) n° 10 « Plan de développement des énergies renouvelables à haute qualité environnementale ».

⁽⁵⁾ Source : Aperçu mensuel sur l'énergie électrique, octobre 2012, RTE.

LE DÉBAT NATIONAL ET CITOYEN SUR LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

« Quelle transition énergétique pour la France ? » : telle est la question centrale du débat national lancé le 29 novembre 2012 par le gouvernement. La réflexion autour de l'évolution de la politique énergétique de la France se poursuit donc avec, en toile de fond, la sobriété énergétique, l'évolution du mix énergétique, la place des énergies renouvelables et le financement de la transition. Le Conseil national du débat sur la transition énergétique procède par auditions publiques sur ces différents thèmes en faisant appel aux acteurs économiques et sociaux ainsi qu'aux citoyens. À l'issue du débat mené également dans les régions, le Conseil doit rendre un rapport reprenant les différentes problématiques qui auront émergé et formuler des recommandations. Le gouvernement doit ensuite déposer un projet de loi de programmation pour la transition énergétique, prévu à l'automne 2013.

LE SAVIEZ-VOUS ?

LA TONNE D'ÉQUIVALENT PÉTROLE (tep)

Selon l'Insee, la tonne d'équivalent pétrole (tep) représente la quantité d'énergie contenue dans une tonne de pétrole brut. Cette unité est utilisée comme unité commune de la valeur énergétique des diverses sources d'énergie. Pour l'électricité, 1 tep vaut 11,6 MWh.



2. L'éolien en mer :

pour une croissance industrielle et économique

La France s'appuie sur une feuille de route et des objectifs chiffrés ambitieux pour diversifier sa production énergétique. Avec 3 500 kilomètres de côtes et trois façades maritimes bien orientées, elle bénéficie de conditions géographiques plutôt favorables pour l'installation de parcs éoliens en mer. C'est un point de départ au développement d'une filière créatrice d'emplois, avec, pour ambition, d'assurer le positionnement de la France et de ses industries dans la compétition mondiale pour les énergies renouvelables.

LE SAVIEZ-VOUS ?

LA PUISSANCE ÉLECTRIQUE

Dans le cas d'une installation domestique comme dans celui d'une centrale de production, le watt est l'unité de base pour exprimer la puissance électrique. Le wattheure est, quant à lui, l'unité de l'énergie produite ou consommée. Par exemple, un sèche-cheveux d'une puissance de 1 kilowatt qui a fonctionné 1 heure a consommé 1 kilowattheure.

	En watt	Exemple
1 kilowatt (KW)	1000 watts	Puissance d'un petit appareil électroménager
1 mégawatt (MW)	1 million de watts	5 MW, c'est la puissance d'une éolienne en mer
1 gigawatt (GW)	1 milliard de watts	1 GW, c'est environ 3 fois la puissance du barrage de Serre-Ponçon (Hautes-Alpes)
1 térawatt (TW)	1000 milliards de watts	—

2.1 L'éolien et les autres modes de production d'énergie électrique

2.1.1 Une énergie propre et infinie

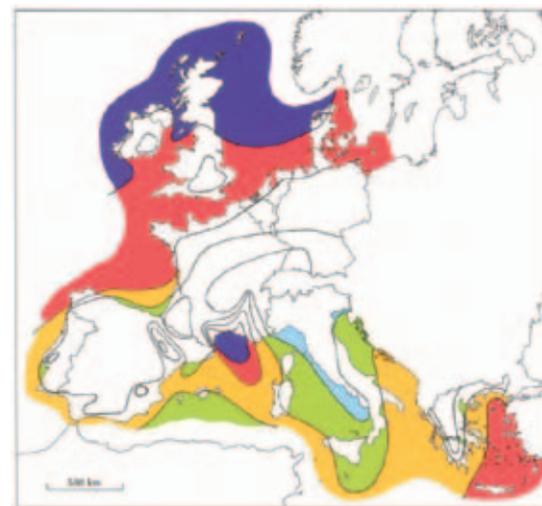
Qu'est-ce qu'une énergie propre ?

Une énergie propre, appelée aussi énergie verte, est une source d'énergie primaire⁽¹⁾ qui produit une quantité faible de polluants lorsqu'elle est transformée en énergie finale ou disponible, c'est-à-dire livrée au consommateur final⁽²⁾. L'énergie éolienne est considérée comme une énergie propre, puisqu'elle ne produit directement ni CO₂ ni pollution du milieu.

Le vent : une ressource infinie

Même si le vent est une ressource inépuisable, son intensité varie selon les lieux. L'identification de sites bien exposés aux vents est donc un préalable indispensable à toute installation de parc éolien. La France bénéficie, à cet égard, du meilleur gisement éolien européen après le Royaume-Uni⁽³⁾, réparti, pour ce qui concerne l'éolien en mer, sur trois zones distinctes : les façades Manche-mer du Nord, atlantique et méditerranéenne.

Estimation de la ressource éolienne en mer au-delà de 10 kilomètres de la côte pour 5 altitudes au-dessus du niveau de la mer: 10, 25, 50, 100 et 200 mètres



Nota: On mesure généralement la vitesse du vent en mètre par seconde (m/s). 1 m/s correspond à 3,6 km/h, 5 m/s à 18 km/h.

Source: Risø National Laboratory, Roskilde, Danemark, 1989

Vent en mètre/seconde en moyenne

	10 mètres	25 mètres	50 mètres	100 mètres	200 mètres
	Supérieur à 8	Supérieur à 8,5	Supérieur à 9	Supérieur à 10	Supérieur à 11
	Entre 7 et 8	Entre 7,5 et 8,5	Entre 8 et 9	Entre 8,5 et 10	Entre 9,5 et 11
	Entre 6 et 7	Entre 6,5 et 7,5	Entre 7 et 8	Entre 7,5 et 8,5	Entre 8 et 9,5
	Entre 4,5 et 6	Entre 5 et 6,5	Entre 5,5 et 7	Entre 6 et 7,5	Entre 6,5 et 8
	Inférieur à 4,5	Inférieur à 5	Inférieur à 5,5	Inférieur à 6	Inférieur à 6,5

Les éoliennes sont conçues pour s'adapter en permanence aux contraintes physiques d'un site et à la vitesse du vent, de la façon suivante⁽⁴⁾ :

- > lorsque la vitesse dépasse 12 km/h, les pales de l'éolienne se mettent en mouvement ;
- > l'éolienne atteint sa puissance nominale à partir de 40 km/h environ ;
- > enfin, lorsque la vitesse du vent atteint ou dépasse 90 km/h, l'éolienne est alors arrêtée. On dit que les pales sont mises « en drapeau » pour ne plus avoir de prise au vent et éviter tout risque de dommages sur la machine.

Le fonctionnement des éoliennes est décrit dans le chapitre 2 page 60.

ET QUAND LES PALES NE TOURNENT PAS, ETC.

En moyenne, une éolienne produit de l'énergie entre 80 % et 90 % du temps. Toutefois, dans la mesure où la vitesse du vent est variable, les éoliennes ne tournent pas à pleine puissance, c'est-à-dire qu'elles ne produisent pas la puissance maximale durant toute cette période. On calcule donc un « facteur de charge » (qui varie en fonction des conditions de vent de chaque site) correspondant au rapport entre la production réelle et la production maximale théorique de l'éolienne sur une plage de temps donnée. Ce facteur de charge est évalué en se basant sur des statistiques météorologiques et intégré aux objectifs de production initiaux. Il permet la comparaison entre différents modèles d'éoliennes, mais également entre différentes sources de production d'énergies renouvelables. Le parc éolien terrestre français a connu en 2011, selon le bilan global de l'électricité établi par Réseau de Transport d'Électricité (RTE), un facteur de charge moyen de 21,3 %. Quant à l'éolien en mer, son facteur de charge oscille entre 34 et 46 %, selon les lieux d'implantation.

⁽¹⁾ Pour la définition de l'énergie primaire, se référer à l'encadré du Chapitre 1, p. 13.

⁽²⁾ Source: Insee.

⁽³⁾ Source: Ademe.

⁽⁴⁾ Les caractéristiques de fonctionnement présentées correspondent au modèle d'éolienne M5000 proposé par AREVA pour le projet éolien en mer de la Baie de Saint-Brieuc.

2-1-2 Les principaux atouts du modèle de production éolien

L'éolien présente de nombreux atouts. Ainsi :

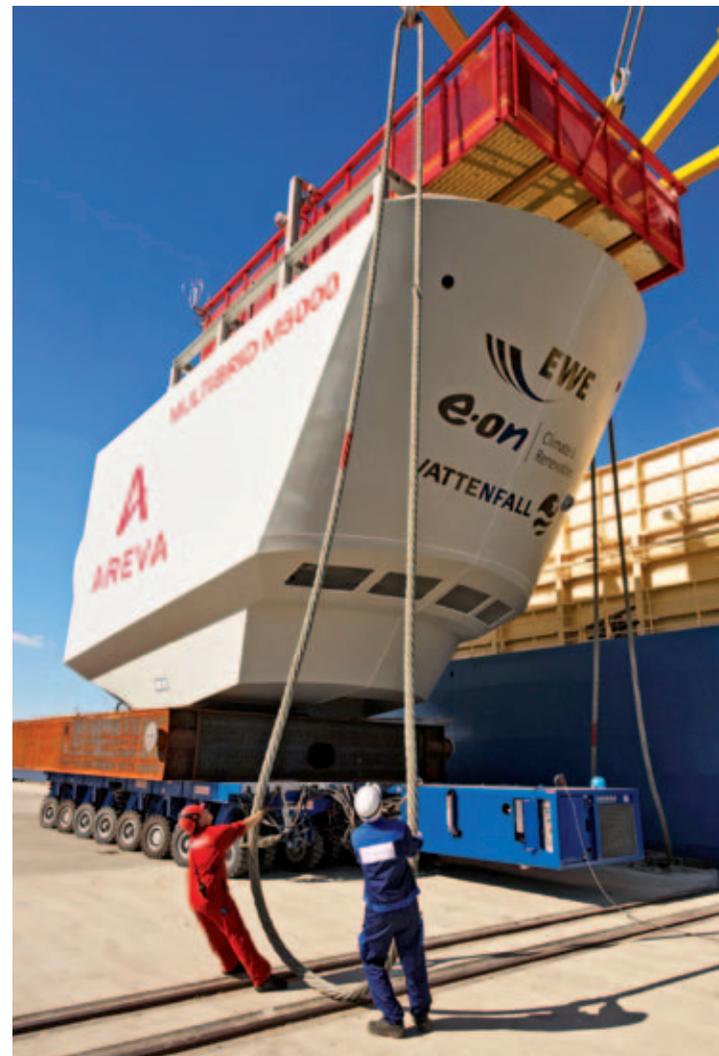
- > compte tenu notamment de l'absence de rejet de CO₂, mais également du caractère inépuisable de la ressource, les « **coûts cachés** » de l'éolien sont bien moins importants que les autres modes de production d'énergie. Selon la Commission européenne⁽¹⁾, ils sont 6 fois inférieurs à ceux des filières du charbon et du pétrole.
- > le vent est une source naturelle d'énergie, disponible en quantité illimitée et accessible. De fait, cette source d'énergie n'est pas soumise aux fortes fluctuations de prix, qui caractérisent depuis plus d'une dizaine d'années les marchés des matières premières énergétiques. Par exemple, le prix du baril de pétrole brut était en 2000 de 25,20 euros, en 2002 de 21,90 euros et en 2012 de 86,50 euros⁽²⁾. Or, le prix d'achat de l'électricité d'origine éolienne est fixé pour une durée de 15 à 20 ans (dans le cadre d'un contrat d'achat, Cf. Chapitre 2, p. 68). Le maintien des fortes tensions enregistrées sur les cours des ressources énergétiques fossiles auront donc pour effet d'accroître la compétitivité de l'énergie éolienne.

LES COÛTS CACHÉS

Les « coûts cachés » correspondent aux impacts négatifs d'un mode de production d'électricité sur l'environnement, la santé, etc. : par exemple, les émissions de CO₂, la gestion de déchets dangereux, le démantèlement, etc.

Le coût de l'éolien parmi les autres sources d'énergie

La Cour des Comptes a rendu, au début de l'année 2012, un rapport très attendu sur le coût de la filière nucléaire en France⁽³⁾. Le document évalue le coût du MWh⁽⁴⁾ produit à 49,50 euros. Ce montant est susceptible de fluctuations (jusqu'à 57 euros) en fonction du coût à venir du démantèlement des centrales les plus anciennes. Il sert, par ailleurs, de mètre étalon pour comparer le coût du MWh produit par les autres sources d'énergie (voir le tableau page ci-contre).



/// Mise en place des éoliennes du parc éolien en mer alpha ventus

⁽¹⁾ Le programme Externe de la Commission européenne (Externalities of Energy. A Research Project of the European Commission) a établi en 2003 une synthèse des coûts externes (des « coûts cachés »).

⁽²⁾ Prix relevé au mois de janvier des années citées en euros constants – Source : Insee

⁽³⁾ Source : Le coût de l'énergie nucléaire, 31 janvier 2012.

⁽⁴⁾ 1 mégawattheure (MWh) représente la quantité d'énergie produite par une installation de 1 mégawatt fonctionnant pendant 1 heure.

COMPARATIF DES COÛTS DES DIFFÉRENTES SOURCES D'ÉNERGIE

	<i>Coût du mégawatt heure (chiffres issus du rapport de la Cour des Comptes)</i>	<i>Estimation de la ressource</i>	<i>Estimation du potentiel de développement en France</i>	<i>Remarques diverses</i>	<i>Spécificités</i>
L'HYDROÉLECTRICITÉ	15 à 20 euros	Ressource illimitée et non polluante.	Potentiel de développement atteint.	Faible coût d'entretien des centrales hydroélectriques.	Nécessite la construction (retenues et barrages) qui ne sont pas sans conséquences sur l'environnement.
LE CHARBON	44 euros	Énergie la plus polluante. Épuisement annoncé dans 150 ans.	Potentiel de développement atteint.	Rendement énergétique faible.	Fonctionnement au coup par coup afin de compenser l'effet des pics de consommation hivernaux. Forte dépendance mondiale à ce mode de production énergétique (liée à son faible coût).
LE NUCLÉAIRE	49,50 euros	Ressource non émettrice de pollution carbonée. Réserves d'uranium estimées à 100 ans (selon l'OCDE).	Important potentiel de développement.	Le prix du MWh d'origine nucléaire devrait augmenter, du fait des investissements nécessaires à l'amélioration de la sûreté des centrales.	Problématiques de gestion des déchets et d'acceptabilité publique.
L'ÉOLIEN TERRESTRE	69 euros	Ressource illimitée et non polluante.	Important potentiel de développement.	Énergie renouvelable la moins chère (hors hydraulique).	La production énergétique ne peut pas se baser uniquement sur l'énergie éolienne, mais elle participe efficacement au mix énergétique.
LE NUCLÉAIRE DE TROISIÈME GÉNÉRATION (type : EPR)	70 à 90 euros (coût pour les 2 têtes de série en France et en Finlande)	Ressource non émettrice de pollution carbonée. Réserves d'uranium estimées à 100 ans (selon l'OCDE).	Important potentiel de développement.	La Commission d'enquête du Sénat sur le coût réel de l'électricité a confirmé que le prix de revient de l'électricité de l'EPR en cours de construction à Flamanville serait situé entre 70 et 90 euros du MWh.	Problématiques de gestion des déchets et d'acceptabilité publique.
LE GAZ NATUREL	74 euros	Réserves mondiales de gaz naturel limitées à 60 ans au rythme d'utilisation actuel. Pollution des nouvelles centrales à cycle combiné (CC) réduite par rapport aux anciennes.	Potentiel de développement limité.	Le prix du gaz naturel est soumis à d'importantes fluctuations Rendement énergétique amélioré avec les nouvelles centrales à cycle combiné.	
L'ÉOLIEN EN MER	140 à 200 euros (fourchette fixée dans l'appel d'offres éolien en mer lancé par l'État, pour Saint-Brieuc)	Ressource illimitée et non polluante.	Important potentiel de développement.	Coût de la construction et de l'installation des parcs en mer compensé par le rendement énergétique. Potentiel de diminution des coûts important.	La production énergétique ne peut pas se baser uniquement sur l'énergie éolienne, mais elle participe efficacement au mix énergétique.
LE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE	236 à 406 euros	Ressource illimitée et non polluante.	Important potentiel de développement.	Prix des panneaux solaires en diminution rapide. Selon l'Association Européenne de l'Industrie Photovoltaïque (IPIA), le prix de l'électricité devrait passer en-dessous de 200 euros du MWh en 2020.	La production énergétique ne peut pas se baser uniquement sur l'énergie solaire, mais elle peut s'intégrer efficacement dans le mix énergétique.

Éolien terrestre, éolien en mer: quelles différences ?

Au large des côtes, le vent est à la fois plus fort et plus constant qu'à l'intérieur des terres.

Comparé à l'éolien terrestre, l'éolien en mer offre une **capacité de production plus importante**, mais doit tenir compte des spécificités du milieu marin, et tout particulièrement dans la conception des éoliennes, des fondations et en phase d'exploitation. Il s'agit donc de deux modes de production énergétique fondés sur une ressource commune, mais dont l'ingénierie présente des différences significatives.

L'ÉNERGIE ÉOLIENNE EN FRANCE

Depuis le début des années 2000, l'énergie éolienne terrestre s'est développée avec régularité. La puissance installée chaque année est passée de 40 MW en 2000 à plus de 825 MW en 2011⁽¹⁾, avec un pic de 1 253 MW en 2010. Aujourd'hui, plus de 4 millions de Français sont alimentés par les 7 195 MW de puissance éolienne terrestre installée sur le territoire et répartis dans plus de 600 parcs éoliens⁽²⁾. Cela représente 11 000 emplois en France selon l'association professionnelle France Énergie Éolienne. En 2020 et d'après les projections du Grenelle Environnement, le nombre d'emplois concernés par le secteur (éolien terrestre et en mer) est évalué à 60 000.

(1) Source: Syndicat des énergies renouvelables..

(2) Source: Aperçu mensuel sur l'énergie électrique, octobre 2012, RTE.

COMPARATIF DE L'ÉOLIEN TERRESTRE ET DE L'ÉOLIEN EN MER SELON DIFFÉRENTS CRITÈRES

	Ressources potentielles	Puissance des machines	Fondations	Conditions de maintenance
ÉOLIEN TERRESTRE	<ul style="list-style-type: none"> – Sites disponibles limités. – 2 000 heures à pleine puissance en moyenne par an (en France), soit un facteur de charge de 23 %. 	Puissance de 2 MW en moyenne, soit 4 GWh d'électricité par an environ par machine.	Fondations standard en béton coulé sur place.	<ul style="list-style-type: none"> – Conditions climatiques tempérées. – Accès non limité 24h/24.
ÉOLIEN EN MER	<ul style="list-style-type: none"> – Sites disponibles plus vastes. – 3 000 à 4 000 heures à pleine puissance en moyenne par an (en France), soit un facteur de charge de 34 à 46 %. 	Puissance de 5 MW, soit 15 GWh d'électricité par an au minimum par machine.	<ul style="list-style-type: none"> – Fondations devant être adaptées aux courants marins et à la force des vents plus prononcés qu'à terre. – Type de fondations conditionné par la profondeur d'eau et par les caractéristiques du sol: le surcoût par rapport à l'éolien terrestre est estimé à 100 % pour les fondations, et représente donc environ 20 % du coût total d'installation d'une éolienne en mer⁽¹⁾. 	<ul style="list-style-type: none"> – Conditions climatiques difficiles. – Accès au site limité voire difficile en situation de tempête. – À noter: l'augmentation du nombre des parcs en mer favorise les économies d'échelle. Les coûts globaux sont appelés à diminuer dans les prochaines années, ce qui va réduire le coût de l'électricité produite.

⁽¹⁾ Source: EWEA (European Wind Energy Association).

2-1-3 L'éolien en mer et les autres énergies marines renouvelables

La filière des énergies marines renouvelables comprend l'ensemble des technologies permettant l'exploitation des flux d'énergies naturelles fournies par les mers et les océans (courants, marées, énergie thermique).

Concrètement, il s'agit d'une énergie électrique principalement produite à partir des ressources suivantes :

> **les courants marins: les hydroliennes.** Il s'agit d'une turbine sous-marine qui utilise l'énergie des courants marins (force et vitesse) comme une éolienne utilise l'énergie du vent.

- IBERDROLA, via sa filiale Scottish Power, développe actuellement des projets pilotes d'hydroliennes au Royaume-Uni, notamment Islay Tidal Project à l'ouest de l'Écosse. L'hydrolien bénéficie des avancées acquises avec l'éolien. Cette filière n'est toutefois pas encore prête pour une exploitation industrielle, plusieurs inconvénients restant à résoudre, tels que le traitement contre les algues et les dépôts marins, l'érosion due aux mouvements de sable, les turbulences et leurs effets sur la faune aquatique, les procédures d'installation et de maintenance, etc.

> **les marées: les usines marémotrices.** Une usine marémotrice exploite les variations du niveau de la mer pour produire de l'électricité. Ce type de centrale hydroélectrique nécessite un site approprié (baie ou estuaire) au sein duquel les amplitudes des marées sont importantes.

■ En Bretagne, l'usine de la Rance fournit de l'énergie en quantité très importante (240 MW installés fournissant environ 500 GWh/an) au réseau depuis 1967. D'autres installations existent dans le monde, mais les projets sont assez rares étant donné le faible nombre de sites favorables à une implantation d'usine marémotrice.

> **le mouvement des vagues: le houlomoteur.** Cette technologie s'apparente à un dispositif articulé qui utilise le mouvement des vagues, c'est-à-dire la houle, pour produire de l'électricité *via* un mécanisme actionnant une turbine. À l'heure actuelle, cette technologie n'est pas mature et nécessite la poursuite des recherches afin d'entrer en phase d'industrialisation et d'exploitation.

■ Par exemple, IBERDROLA, *via* sa filiale Scottish Power, mène un projet au large des Iles des Orcades en Écosse (convertisseur: Pelamis de deuxième génération d'une puissance unitaire de 0,75 MW).

> **le vent en haute mer: les éoliennes « flottantes ».** L'éolien en mer flottant utilise la force des vents en pleine mer, sur des sites dépassant, contrairement à l'éolien posé, 60 mètres de profondeur.

■ Par exemple, le groupe TECHNIP a conçu, réalisé et installé la structure sous-marine de la première éolienne en mer flottante de grande envergure au monde. TECHNIP est également le chef de file du projet Vertiwind, technologie innovante d'éolienne flottante à axe vertical, dont elle a conçu le flotteur. Le futur parc éolien comptera 13 machines de 2 MW (raccordement au réseau prévu pour 2017). Faisant appel aux technologies de l'énergie éolienne et de l'industrie en mer, ces projets représentent une avancée majeure dans le développement de nouvelles solutions pour les énergies renouvelables en mer. Toutefois, la technologie n'en est encore qu'à ses débuts.

Les énergies marines renouvelables sont complémentaires. Cependant, à l'heure actuelle, seul l'éolien en mer posé (turbines installées sur fondations dans des profondeurs d'eau pouvant atteindre une quarantaine de mètres) peut être considéré comme une technologie mature, permettant dès à présent le développement d'une filière industrielle. Le cahier des charges de l'appel d'offres de l'État de juillet 2011 ne concerne d'ailleurs que l'éolien en mer posé.



/// Projet d'hydrolienne à l'ouest de l'Écosse (porté par IBERDROLA)



/// Convertisseur Pelamis (système houlomoteur, projet porté par IBERDROLA)



/// Projet d'éolienne flottante Vertiwind (dont TECHNIP est le chef de file)

2-2 En Europe, l'éolien en mer prouve son efficacité

L'énergie éolienne en mer s'impose depuis une décennie comme une source indispensable au mix énergétique européen. Les progrès rapides de la technologie observés ces dernières années ont déjà permis d'installer de nombreux parcs éoliens en mer. La surface maritime européenne particulièrement vaste et les eaux peu profondes, en particulier dans le Nord, offrent un environnement idéal.



/// Parc éolien en mer Lynn and Inner Dowsing au Royaume-Uni

> **Les pays d'Europe du Nord** accueillent la plus grande partie des 3820 MW installés (puissance cumulée en 2011)⁽¹⁾ au sein de l'Union européenne. Le Danemark est longtemps resté le pays leader, dès 1991, en matière d'éolien en mer, avec plus de 871,5 MW de puissance cumulée installée en 2011⁽¹⁾. À elles seules, les 171 éoliennes des parcs d'Horns Rev 1 et 2 ont une puissance installée de 370 MW.

> **Le Royaume-Uni** est devenu le premier producteur mondial d'énergie en mer en 2008. En 2011, sa capacité installée était de 2094 MW⁽¹⁾. À titre d'exemple, le parc de Thanet a une capacité installée de 300 MW. Ceux de Lynn and Inner Dowsing, Robin Rigg et Gunfleet Sands ont, quant à eux, une puissance installée cumulée de 546 MW. Ces parcs éoliens sont entrés en service entre 2008 et 2010. En 2012, la 1^{re} phase du plus grand parc du Royaume-Uni, London Array (630 MW installés), a été mise en service.

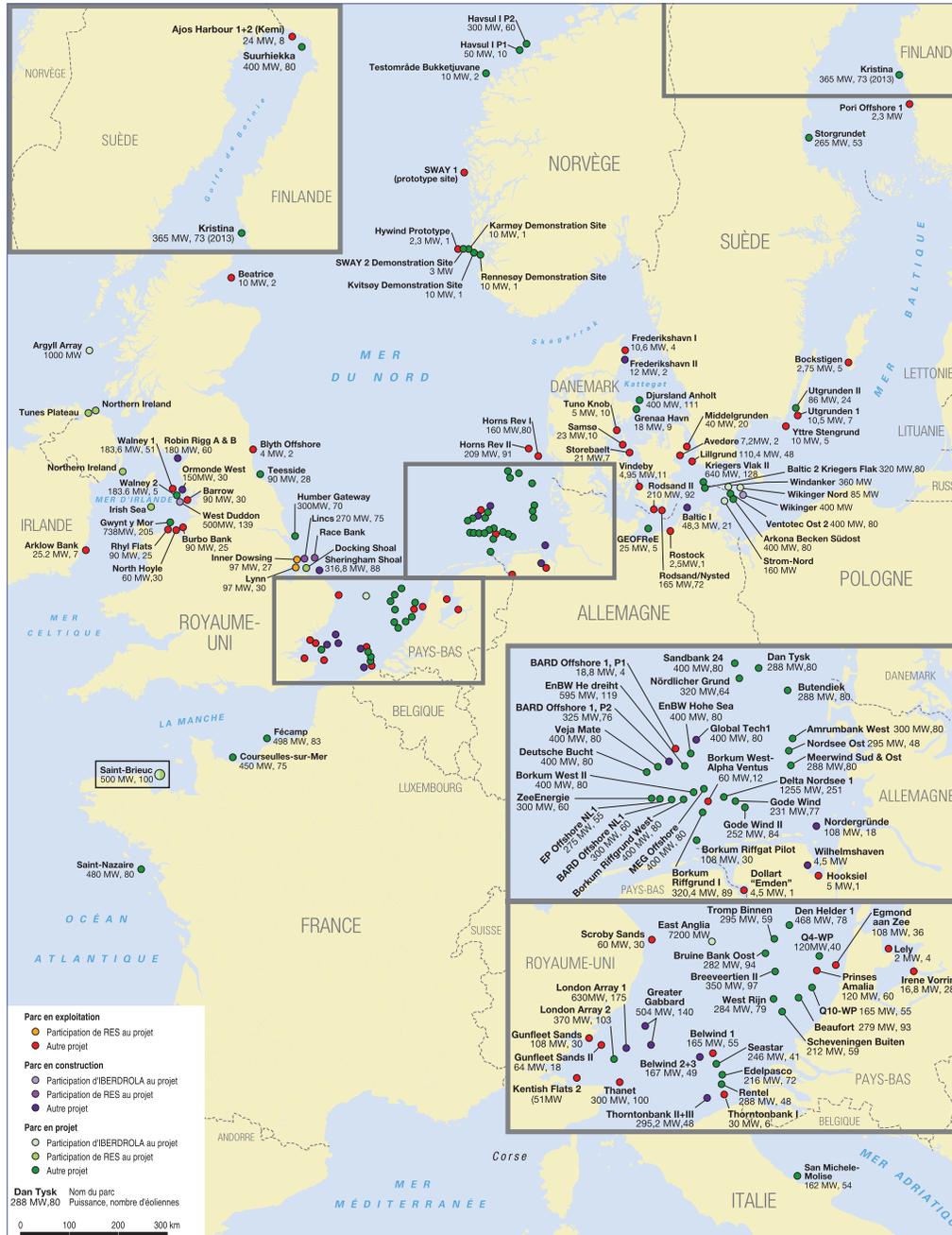
> **L'Allemagne** a mis en service 33 éoliennes en mer en 2011 (représentant 108 MW). En 2012, sa puissance installée cumulée d'éolien en mer s'élevait à 280 MW⁽¹⁾. En outre, le parc alpha ventus, avec ses 12 éoliennes installées en mer du Nord (dont 6 éoliennes AREVA M5000) a servi de laboratoire depuis 2009.

> **En Belgique**, les parcs éoliens en mer ont fait leurs preuves depuis 2009. Le parc de Bligh Bank, mis en exploitation en 2010, compte 55 éoliennes pour une puissance installée de 165 MW.

⁽¹⁾ Source: EWEA - Chiffres-clés 2012.

Les parcs éoliens en mer en Europe

Source: EWEA



150 TERAWATTHEURE EN 2020

Selon l'EWEA⁽¹⁾, la puissance installée d'éolien en mer en Europe en 2020 pourrait atteindre 40 000 MW, soit une production d'environ 150 TWh⁽²⁾. Fin 2011, 53 parcs éoliens en mer sont en service dans dix pays : le Danemark, le Royaume-Uni, la Suède, les Pays-Bas, l'Irlande, l'Italie, l'Allemagne, la Finlande, la Norvège et la Belgique, pour une production atteignant près de 11,5 TWh.

⁽¹⁾ Source: EWEA (European Wind Energy Association).

⁽²⁾ Source: Syndicat des énergies renouvelables, juin 2012.

2.3 L'éolien en mer: l'essor d'une filière industrielle

Le marché de l'éolien en mer ouvre de nouvelles perspectives

L'éolien en mer a démontré son potentiel industriel sur différents sites en Europe (Bremerhaven en Allemagne et Esberg au Danemark, par exemple). Le seuil de 1 GW installé par an a été franchi en Europe, une échelle déjà considérable et qui devrait pourtant être multipliée par 10 d'ici à 2020. En 2011, 3 820 MW sont en exploitation et 5 295 MW supplémentaires⁽³⁾ sont en construction.

Les chantiers en cours, les projets en développement et les objectifs affichés par les différents pays européens offrent des perspectives majeures en termes d'innovation, de création d'emplois et d'exportations.

De la conception à la maintenance, les opportunités se multiplient

En se développant, la filière de l'éolien en mer crée des emplois pérennes et qualifiés.

En matière de construction des différents éléments, les objectifs fixés par les pays européens soulignent que la filière éolienne en mer est une activité d'avenir. À la clé : des sites de fabrication, des chaînes d'assemblage et d'approvisionnement et des ports redimensionnés pour pouvoir fournir l'ensemble des besoins en matière de turbines, de fondations et de logistique afférente.

⁽³⁾ Source: EWEA - chiffres 2011.

LE SAVIEZ-VOUS ?

UN « CLUSTER »

Un cluster est défini comme un « *groupe d'entreprises et d'institutions partageant un même domaine de compétences, proches géographiquement, reliées entre elles et complémentaires*⁽¹⁾ ».

⁽¹⁾ Source : Michael Porter, *On competition*, 1999.

En matière de maintenance durant la phase d'exploitation, les emplois créés sont par définition non délocalisables puisqu'ils doivent se situer à proximité des parcs, et pérennes, car ils couvrent la totalité de la phase d'exploitation. Ces emplois sont également hautement qualifiés, car l'activité de maintenance des parcs éoliens en mer impose des compétences spécifiques. Le déploiement de l'éolien en mer dessine aujourd'hui un secteur d'activité porteur : l'EWEA envisage qu'à l'horizon 2020, la filière européenne de l'éolien pourrait employer 462 000 salariés, dont 169 500 emplois dans l'éolien en mer⁽²⁾.

L'activité éolienne, génératrice d'emplois et de dynamisme économique: l'exemple de Bremerhaven

L'éolien en mer a redonné un nouvel élan à l'avant-port de Brême en Allemagne. Plus de 1 100 emplois sont concernés en 2011⁽³⁾. On y retrouve les activités de conception et d'assemblage par une quinzaine de sociétés de toutes les pièces constituant une éolienne. Bremerhaven, c'est également une multitude de laboratoires, centres de recherche et infrastructures



/// Production de nacelles AREVA à Bremerhaven

d'essais. Et la place vient à manquer : l'aéroport local a récemment fermé pour mettre ses tarmacs à disposition de l'industrie des éoliennes en mer. La base industrielle développée par AREVA (partenaire d'Ailes Marines), deuxième employeur du port, permet à l'entreprise de préparer ses implantations futures en mer du Nord.

La France, entre retard et opportunités

Dans un contexte de crise du secteur secondaire, la filière de l'éolien en mer représente une opportunité pour répondre aux préoccupations actuelles de réindustrialisation du territoire portées par l'État.

Aujourd'hui en retard par rapport aux pays européens comme le Danemark, l'Allemagne ou le Royaume-Uni, qui concentrent à eux seuls 90 % du marché des éoliennes en mer, la France dispose néanmoins de forts atouts à mettre en avant⁽⁴⁾ :

- > un **savoir-faire industriel fort et prêt à être mobilisé**, à travers l'expérience de différents groupes français. On peut citer AREVA et sa filiale AREVA Wind, dont l'implantation récente au Havre démontre l'engagement dans le domaine de l'éolien en mer en France, renforçant ses engagements dans le secteur en Allemagne, ou encore STX et Eiffage en matière de fondations ou TECHNIP, un des leaders mondiaux du management de projets, de l'ingénierie et de la construction pour l'industrie de l'énergie, qui a démontré sa volonté et sa capacité à mettre en œuvre, au service de l'éolien en mer, son savoir-faire issu de son cœur de métier ;
- > une **première structuration de la filière au travers des clusters et des pôles de compétitivité**. L'enjeu pour ces « clusters » est de réussir à se positionner sur les activités à forte valeur ajoutée comme, par exemple, la fabrication d'éléments des éoliennes et les activités d'installation en mer des parcs. Ils s'appuient, pour cela, sur l'expertise d'un grand nombre d'acteurs industriels, spécialisés dans le domaine de la construction navale, de l'aéronautique, de la métallurgie, du génie électrique et du BTP. Aujourd'hui, dans le domaine de l'éolien en mer⁽⁵⁾, on peut citer comme clusters Bretagne Pôle Naval (Lorient) ou Néopolis (Saint-Nazaire) ;
- > une **forte capacité d'innovation**, indispensable pour être compétitif sur le marché européen, en matière de technologies nouvelles.

⁽²⁾ Source : *Le Journal de l'éolien* n° 10, Eurobserv-ER, février 2012.

⁽³⁾ Source : Ministère fédéral de l'environnement allemand.

⁽⁴⁾ Source : *Étude de Pricewaterhousecoopers sur la création d'une filière industrielle française de l'éolien offshore*, 2010.



3- Un projet d'énergie renouvelable pour la Bretagne

Les progrès réalisés ces dernières années dans l'innovation permettent aujourd'hui d'envisager de nouvelles sources de production d'énergie à partir du milieu marin. Cette vision renouvelée de la ressource maritime apporte, entre autres, un élément de réponse à la fragilité énergétique du territoire breton. Combiné aux autres énergies, la technologie mature qu'est l'éolien en mer contribue à la sécurisation de l'approvisionnement électrique.



Parc éolien en mer alpha ventus

3-1 Résoudre la dépendance énergétique en Bretagne

3-1-1 Une hausse continue de la consommation d'énergie depuis 1990

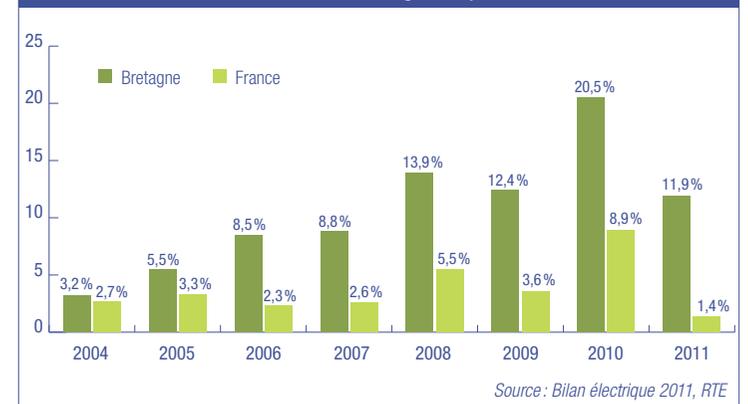
La Bretagne ne produit que 10 %⁽¹⁾ de l'énergie qu'elle consomme, ce qui en fait un territoire largement déficitaire en énergie et donc importateur d'énergie. Depuis 2000, la consommation d'énergie finale bretonne, corrigée du climat, affiche une relative stabilité (taux de croissance annuel moyen à 0,04 %⁽²⁾). Pourtant, en Bretagne, comme ailleurs en France, cette tendance dissimule des disparités d'évolutions parmi les sources d'énergie :

- > très forte baisse du charbon depuis 2000 (- 36 %) ;
- > tendance à la baisse des produits pétroliers (- 10 %), principalement dans le bâtiment et l'industrie⁽²⁾ ;
- > consommation à la hausse de l'électricité et du gaz naturel (voir schéma ci-contre).

⁽¹⁾ Source : Bilan électrique RTE, 2011.

⁽²⁾ Source : Chiffres clés de l'énergie en Bretagne, Observatoire de l'énergie et des gaz à effet de serre en Bretagne, édition 2011.

Évolution de la croissance de la consommation d'électricité en France et en Bretagne depuis 2003



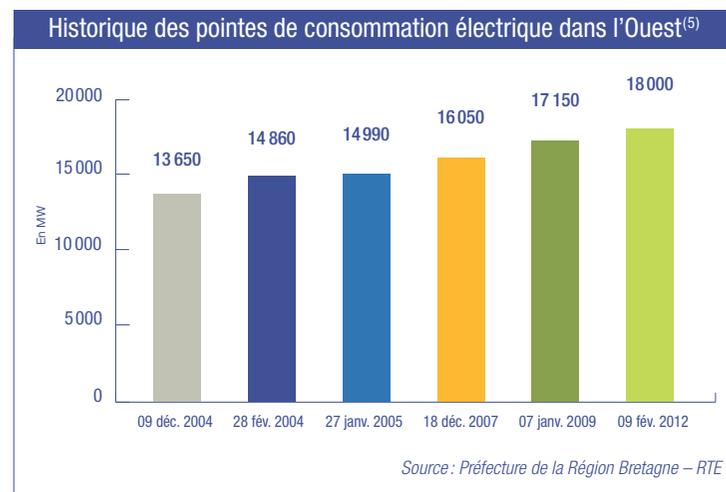
À noter : l'année 2011 a connu une forte diminution de la consommation d'énergie liée aux conditions météorologiques exceptionnelles : c'est l'année la plus chaude que la France ait connue depuis 1900.

La consommation d'énergie finale en Bretagne s'est élevée à 7 199 ktep (kilotonnes d'équivalent pétrole) en 2010, soit 4,4 % de l'énergie finale consommée en France.

3-1-2 Des sites et des capacités de production électriques limités

De la dépendance électrique accrue au risque de « blackout »

La Région Bretagne produit chaque année environ 2 000 GWh *in situ*, soit seulement 10 %⁽¹⁾ de l'électricité qu'elle consomme (comme la Région PACA, qui, elle aussi, ne produit que 10 % de l'électricité qu'elle consomme⁽²⁾). Ce constat doit être mis en regard avec le rapport entre la production et la consommation des autres régions de France métropolitaine. En effet, selon les indications du Commissariat général au Développement durable (rapport de mars 2012), onze régions (Rhône-Alpes, régions du Nord-Est, Sud-Ouest et du Centre Ouest) produisent plus qu'elles ne consomment en 2009 (avec un taux de couverture de 109 % à 418 %), pour une moyenne nationale de 114 %. Cette fragilité structurelle en termes d'approvisionnement et de transport d'électricité explique pourquoi ces deux régions sont considérées comme des « péninsules électriques » selon l'expression de RTE.



Le risque de blackout (coupure électrique généralisée liée au décalage entre l'offre et la demande sur le réseau électrique) ne doit ainsi pas être sous-estimé : succédant à une année plutôt favorable sur le plan météorologique, la fraîcheur de l'hiver 2011-2012 a entraîné des pics de consommation historiques, jusqu'à 18 000 MW dans l'ouest de la France⁽³⁾.

Une production en très grande partie importée...

La Bretagne est tributaire pour son alimentation en électricité de sites de production situés hors de son territoire :

- > la centrale thermique de Cordemais (Loire-Atlantique). La puissance disponible sur le site atteint 2 600 MW⁽⁴⁾, avec 4 groupes fonctionnant au fioul et au charbon ;
- > la centrale Cycle Combiné Gaz (CCG) de Montoir-de-Bretagne (435 MW⁽⁵⁾) en Loire-Atlantique (production de pointe). Cette production dite « de pointe » apporte un complément énergétique en cas de besoins (pointes, défaillance d'une autre installation, etc.) ;
- > la centrale nucléaire de Flamanville (Manche) avec 2 réacteurs d'une puissance unitaire de 1 300 MW, et celle de Chinon (Indre-et-Loire) avec 4 réacteurs d'une puissance unitaire de 900 MW.

... malgré la présence de sites de production bretons

Les principaux sites de production de l'électricité en Bretagne sont les suivants :

- > le parc éolien terrestre : 95 parcs éoliens sont installés en Bretagne et leur puissance s'élève environ à 665 MW en 2012⁽⁶⁾ selon RTE (voir encadré p. 32) ;
- > l'usine marémotrice de la Rance, dont la puissance installée est de 240 MW⁽⁷⁾. Sa disponibilité dépend des horaires de marées. Les 6 autres usines hydroélectriques de Bretagne fournissent une capacité d'appoint (entre 1,4 MW et 20 MW chacune) ;
- > dans le Finistère, les turbines à combustion de Brennilis et Dirinon (465 MW⁽¹⁾).

⁽¹⁾ Source : Chiffres clés de l'énergie en Bretagne, Observatoire de l'énergie et des gaz à effet de serre en Bretagne, édition 2011.

⁽²⁾ Source : Ecowatt Provence Azur.

⁽³⁾ RTE Bretagne, Bilan électrique et projets 2012, mars 2012. À noter : RTE dans l'Ouest couvre les régions Pays de la Loire, Bretagne, Centre et Poitou-Charentes.

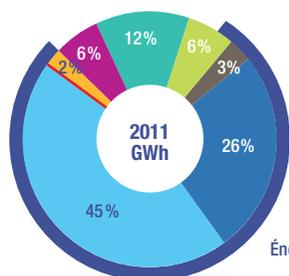
⁽⁴⁾ Source : EDF.

⁽⁵⁾ Source : GDF Suez.

⁽⁶⁾ Source : RTE Bretagne, Bilan électrique et projets 2012, mars 2012.

⁽⁷⁾ Source : EDF.

La production d'électricité en GWh par filière en Bretagne en 2010⁽¹⁾



Énergies renouvelables : 79 %



Source : Chiffres clés de l'énergie en Bretagne, Observatoire de l'énergie et des gaz à effet de serre en Bretagne, édition 2011.

La production d'électricité d'origine bretonne est donc essentiellement issue des énergies renouvelables (voir schéma ci-dessus).

Un réseau de transport d'électricité à sécuriser et à redimensionner

Quels que soient les projets de centrales de production à venir en Bretagne, ils doivent être accompagnés du renforcement du réseau, lequel doit également permettre de pallier les effets des pics de consommation. Pour répondre à cet enjeu de sécurisation dans l'approvisionnement de l'électricité, RTE et ses partenaires ont, par exemple, mis en place la démarche Écopât, qui consiste, sur la base du volontariat, à faire appel au comportement éco-citoyen. Ainsi, avec près de 45 000 inscrits, cela s'est traduit par une réduction de la consommation d'environ 3 % lors des pointes de 2012⁽²⁾.

⁽¹⁾ Source : EDF

⁽²⁾ Source : EcoWatt.



/// Centrale solaire de Lannion inaugurée en janvier 2012 (NEOEN)

3.1.3 Le Pacte électrique breton pour répondre au défi de l'approvisionnement

La Bretagne est largement dépendante des énergies conventionnelles issues des régions avoisinantes. C'est donc par un rééquilibrage des filières énergétiques que la Région entend renforcer ses capacités. L'objectif est de parvenir à un véritable « mix énergétique » régional.

Des objectifs clairs

Le Pacte électrique breton, signé par l'État, l'Ademe, l'Agence nationale de l'habitat (ANAH), RTE et la Région Bretagne le 14 décembre 2010 et adopté par le Conseil Régional le 12 janvier 2011, a pour objet de résoudre la dépendance électrique de la région, répondre à la croissance démographique et garantir aux habitants une alimentation constante. Trois axes ont été fixés :

- > **la maîtrise de la demande en électricité** avec pour objectif de diviser sa progression par 3 d'ici à 2020 ;
- > **la sécurisation de l'approvisionnement** grâce au renforcement du réseau de transport de l'électricité et la mise en service de nouveaux moyens de production ;
- > **le déploiement massif de toutes les énergies renouvelables**, avec pour objectif de multiplier par 4 la puissance électrique renouvelable installée d'ici à 2020, soit 3600 MW.

Diversifier les énergies renouvelables

Le Pacte électrique breton redessine toute la politique énergétique du territoire pour sortir la Bretagne de son isolement et passer à 3 600 MW de production d'énergies renouvelables d'origine régionale à l'horizon 2020. L'éolien terrestre fait l'objet d'un « schéma régional éolien », arrêté par le Préfet de Région le 28 septembre 2012, aux termes duquel l'État et la Région se sont engagés sur un objectif « minimaliste » de 1 800 MW de

puissance installée, en éolien terrestre, reprenant ainsi l'objectif fixé dans le Pacte électrique breton, et un objectif « volontariste » de 2 500 MW de puissance installée d'ici à 2020.

Les autres filières renouvelables ne sont toutefois pas oubliées. L'hydroélectricité, le photovoltaïque ou encore, en complément, la biomasse affichent des objectifs ambitieux. Dans l'avenir, l'hydrolien et l'éolien flottant prendront également leur place.

L'ÉOLIEN EN BRETAGNE

La Bretagne possède le deuxième potentiel éolien de France après le Languedoc-Roussillon⁽¹⁾ et ses installations terrestres la hissent au second rang de la production éolienne nationale après la Picardie⁽²⁾. L'éolien en Bretagne, en 2011, contribue pour 51 % à la production totale d'électricité⁽³⁾, soit la part la plus importante des énergies renouvelables. On compte 665 MW installés au 31 décembre 2012 dans la région⁽⁴⁾. Pour le moment, seul l'éolien terrestre contribue à ce résultat. L'éolien en mer devrait donc confirmer et amplifier cette dynamique dans les années à venir.

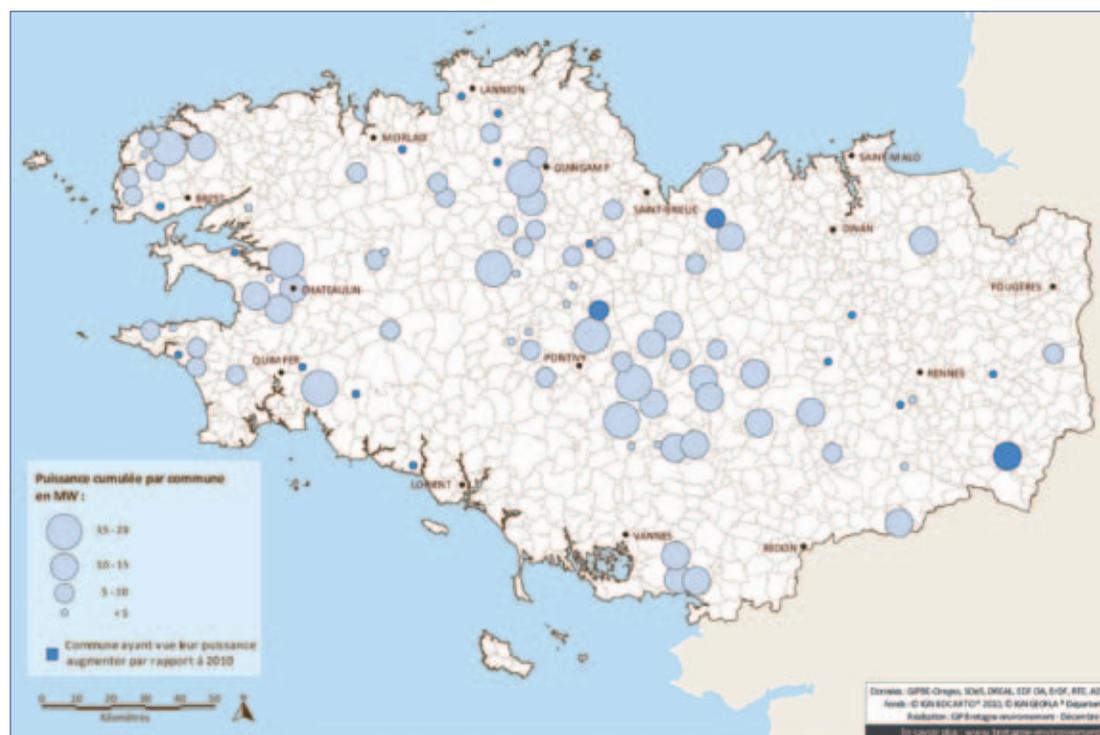
⁽¹⁾ Source : Ademe Bretagne.

⁽²⁾ Source : L'énergie éolienne en France, Panorama 2011, Syndicat des énergies renouvelables.

⁽³⁾ Source : RTE Bretagne, Bilan électrique et projets 2012, mars 2012.

⁽⁴⁾ Source : RTE.

La puissance éolienne en fonctionnement fin 2010 par commune (en MW)



Source : Observatoire de l'énergie et des gaz à effet de serre

500 MW au large de Saint-Brieuc pour produire plus de 8 % de la consommation électrique actuelle de la Bretagne

Le projet de parc éolien en mer de la Baie de Saint-Brieuc est appelé à trouver toute sa place dans le Pacte électrique breton. Avec 500 MW de capacité installée et 1 750 GWh de production annuelle, le projet a pour objectif de fournir l'équivalent de la consommation de 790 000 habitants (chauffage compris), soit 8,1 % de la consommation totale en 2010 d'électricité de la Bretagne.

3-2 Un territoire tourné vers la mer

Une région maritime avant tout

D'une longueur de 2 730 km⁽¹⁾, le linéaire côtier breton représente un tiers des côtes françaises métropolitaines.

Il est structuré par un tissu portuaire dense, avec près de 220 sites⁽²⁾ aux dimensions et activités variables. Trois ports régionaux se distinguent : Lorient (2^e port de pêche français), Brest et Saint-Malo. En 2010, plus de 1 million de passagers (trafic transmanche) et 8 millions de tonnes de marchandises ont transité par les ports bretons⁽³⁾, principaux points d'entrée et de sortie pour les ressources économiques de l'arrière-pays. De nombreuses sociétés sont liées au nautisme et à la plaisance (environ 400 établissements et 8 000 emplois dans la construction et la réparation navale).

Par ailleurs, les activités de pêche maritime sont traditionnellement très implantées sur le littoral breton. Forte de 1 392 navires et de 5 201 marins-pêcheurs fin 2011⁽⁴⁾, **la Bretagne est la première région française en matière de pêche maritime (poissons, crustacés et mollusques).**

Les principales activités économique des Côtes-d'Armor

Avec de nombreux élevages porcins et une filière agroalimentaire étendue, le département des Côtes-d'Armor est **l'un des premiers départements agricoles français.**

Le tourisme, en forte croissance depuis les années 1970, est la seconde activité du territoire : il concerne près de 15 000 emplois directs et indirects⁽⁵⁾ dans le département. Comme sur l'ensemble de la Bretagne, l'offre touristique se concentre essentiellement sur le littoral.

Les projets d'énergies marines renouvelables en Bretagne



Source : Bretagne Développement Innovation

⁽¹⁾ Source : Portail de l'information environnementale en Bretagne.

⁽²⁾ Source : Conseil Régional de Bretagne.

⁽³⁾ Source : Les ports de commerce en Bretagne, Observatoire Régional des Transports de Bretagne.

⁽⁴⁾ Source : Préfecture de la Région Bretagne.

⁽⁵⁾ Rapport de l'Agence départementale du développement économique et territorial, chiffres 2009.

Dans les **Côtes-d'Armor**, la **pêche professionnelle** concerne 9 ports de pêche⁽¹⁾ et représentait 1 025 emplois directs en 2011. Le chiffre d'affaires était, la même année, de 140 millions d'euros pour un volume débarqué, transformé et commercialisé de près de 47 000 tonnes. La flottille de pêche de 285 bateaux est majoritairement dédiée à la « petite pêche » de proximité et de durée limitée⁽²⁾. La **plaisance** constitue également une part importante de l'économie du département, notamment dans la Baie de Saint-Brieuc : les 11 ports de plaisance de la Baie totalisent plus de 11 000 places⁽²⁾.

Un potentiel industriel marin bien identifié par les entreprises bretonnes

Plusieurs organismes institutionnels et réseaux d'entreprises participent à la valorisation du potentiel naturel marin du territoire breton, notamment en matière d'énergies marines renouvelables :

- > à Lorient (Morbihan), **Bretagne Pôle Naval**, véritable « cluster » des ressources maritimes, regroupe des entreprises spécialisées dans le domaine naval et dans celui des énergies marines renouvelables (architecture, ingénierie-maîtrise d'œuvre, construction, réparation, spécialités à bord, équipementiers, intégrateurs, essais, logistique, services). Ce vivier d'entreprises du secteur maritime représente quelque 12 000 emplois⁽³⁾ ;
- > à Brest (Finistère), le **Pôle Mer Bretagne** rassemble chercheurs et industriels autour d'un même pôle de compétitivité. Ses plateformes technologiques favorisent les échanges et les transferts de compétence pour mieux développer la filière maritime en Bretagne, notamment les ressources énergétiques marines et les biotechnologies ;
- > basé à Plouzané, près de Brest, **France Énergies Marines** est un institut d'excellence en énergies décarbonées. À la pointe de la recherche dans le domaine des énergies marines renouvelables, il participe à la mise sur le marché des innovations les plus prometteuses. L'objectif de cet institut est double : doter la France d'un secteur industriel couvrant l'éventail complet des énergies marines et réaliser l'effort de recherche et développement pour des technologies performantes afin d'accroître leur viabilité économique et la compétitivité des entreprises.

Parce qu'ils portent l'innovation régionale, ces organismes sont des acteurs incontournables de la mise en place d'une filière industrielle des énergies marines renouvelables en Bretagne.

3•3 Le développement d'un projet éolien en mer en Baie de Saint-Brieuc : un choix raisonné et concerté

3•3•1 Dès 2009, la planification de l'éolien en mer en Bretagne

La planification des services de l'État et de la Région Bretagne

À la suite du Grenelle Environnement, le Comité interministériel de la mer, du 8 décembre 2009, a défini les modalités de planification et de concertation de l'éolien en mer.

Sur cette base, un document de planification a été élaboré lors des réunions de la Conférence régionale de la mer et du littoral (voir encadré), visant à :

- > aider à la préparation du premier appel d'offres de l'éolien en mer en Bretagne ;
- > identifier les espaces de développement potentiel ;
- > partager les enjeux techniques, économiques, environnementaux, pay-sagers, sociaux pris en compte dans la planification.

De Groix à Saint-Malo

Quatre espaces potentiels ont été soumis à discussion dans le cadre de la Conférence régionale de la mer et du littoral : sud-est de l'île de Groix, la Baie de Lannion, la Baie de Saint-Brieuc, au large de Saint-Malo. La conférence avait pour objet l'identification de sites propices. Elle a permis d'identifier toutes les contraintes existantes sur chaque site (d'ordre physique, naturel, réglementaire et humain) afin de voir quels espaces étaient compatibles avec le développement de futurs parcs éoliens en mer.

Les espaces identifiés ont ensuite été portés à la connaissance du ministère de l'Écologie, de l'Énergie et du Développement durable et de la Mer (MEEDDM), qui a finalement décidé de soumettre à appel d'offres le site de la Baie de Saint-Brieuc (d'une puissance de 500 MW).

⁽¹⁾ Les 9 ports de pêche des Côtes-d'Armor sont : Locquémeau, Loguivy, Pors-Even, Paimpol, Saint-Quay-Portrieux, Binic, Saint-Brieuc, Dahouët et Saint-Cast-le-Guildo.

⁽²⁾ Source : CAD 22.

⁽³⁾ Source : Bretagne Pôle Naval.

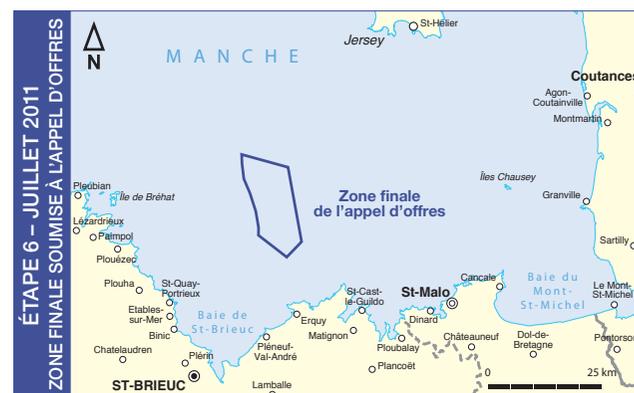
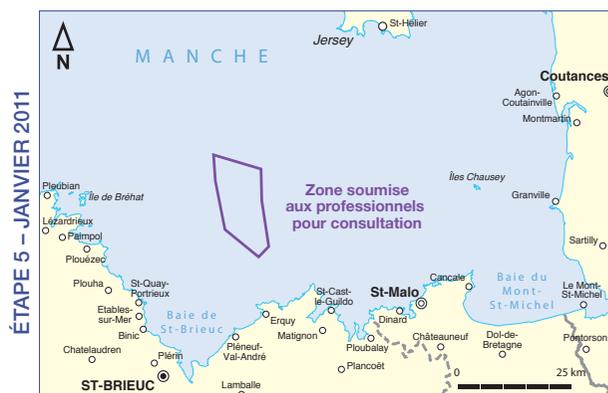
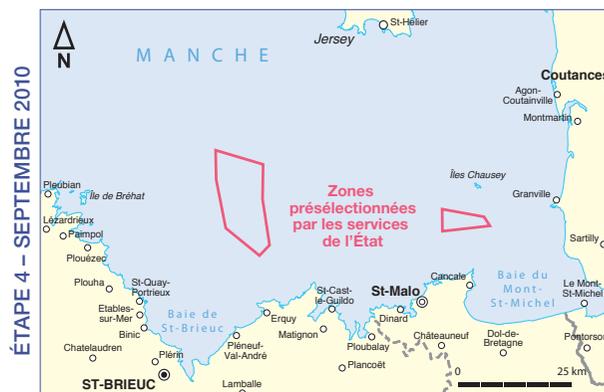
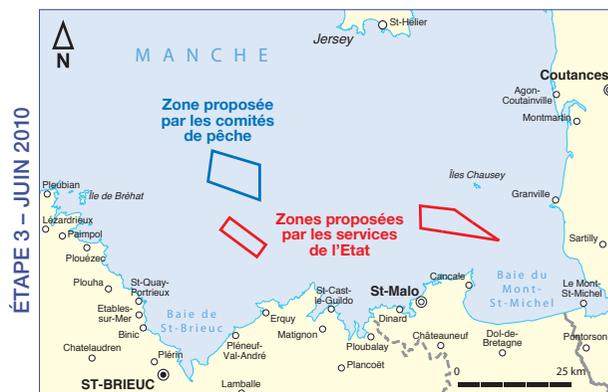
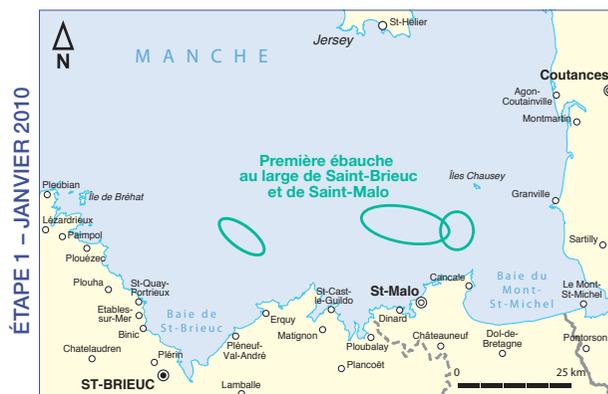
UNE CONCERTATION
MENÉE SOUS L'ÉGIDE DE
LA CONFÉRENCE RÉGIONALE
DE LA MER ET DU LITTORAL

La Conférence régionale de la mer et du littoral est un lieu d'échange, de réflexion et d'action pour l'ensemble des acteurs concernés par la gestion de la zone côtière. Pilotée par le Président du Conseil Régional, le Préfet de Région et le Préfet maritime de l'Atlantique, cette conférence a permis de valider les pré-faisabilités techniques, économiques et environnementales des projets sur les zones étudiées. La volonté de l'État de planifier le développement de l'éolien en mer le long des côtes françaises a favorisé la mise en place d'un dialogue constructif avec l'ensemble des usagers et acteurs de l'espace maritime : les pêcheurs professionnels, les plaisanciers, les administrations et services déconcentrés de l'État, les acteurs du transport de fret et de passagers, les industriels, les associations de protection de l'environnement et l'ensemble des particuliers intéressés par ce projet.

Un important travail de recensement et de cartographie des contraintes naturelles, réglementaires et liées aux activités préexistantes a été réalisé afin de préciser les zonages et de leur assurer une légitimité vis-à-vis des acteurs de la mer.

Les cartographies ci-contre présentent la démarche de concertation menée entre septembre 2009 et juillet 2011 pour déterminer la zone de l'appel d'offres pour le lot de Saint-Brieuc.

Le processus de planification mené par les services de l'État et la Région Bretagne avant l'appel d'offres



LE SAVIEZ-VOUS ?

LA CRE RÉGULE LA CONCURRENCE

La Commission de Régulation de l'Énergie (CRE) est une autorité administrative indépendante créée en 2000 lors de l'ouverture à la concurrence des marchés de l'énergie. Elle a notamment pour mission d'assurer le bon fonctionnement des marchés de l'électricité et du gaz naturel au bénéfice des consommateurs. Dans le cadre de l'appel d'offres lancé par l'État pour l'éolien en mer, c'est la CRE qui a reçu et instruit, examiné et noté les offres pour les noter conformément aux critères définis dans le cahier des charges. Elle a ensuite rendu son rapport au gouvernement, chargé de prendre les décisions d'attribution. La CRE a ensuite été consultée pour avis sur les choix envisagés par le gouvernement.

3-3-2 En 2011, l'appel d'offres « éolien en mer » de l'État

L'appel d'offres de l'État : la volonté de créer une nouvelle filière industrielle

Le 7 juillet 2011, l'État lance, après avis favorable de la Commission de Régulation de l'Énergie (voir encadré), un appel d'offres éolien en mer, représentant un potentiel de 3000 MW de puissance installée. Cet objectif de puissance⁽¹⁾, réparti sur 5 zones distinctes, permet :

- > de donner de la **visibilité aux acteurs de la filière** ;
- > **d'optimiser les coûts des projets** (commandes d'équipements importantes, concentration des moyens d'installation, limitation du nombre des raccordements) et donc du prix du kWh produit ;
- > de désigner un **acteur énergétique** (ou un consortium d'acteurs) **comme interlocuteur unique** pour les parties prenantes locales d'un territoire donné ;
- > de regrouper les démarches administratives et faciliter l'instruction par les autorités compétentes, tout en assurant une **meilleure prise en compte des enjeux du projet à l'échelle du territoire**.

La Baie de Saint-Brieuc : un territoire propice à l'éolien en mer

Dans l'appel d'offres qu'il a constitué, le MEEDDM a retenu une zone de 180 km² au large de Saint-Brieuc. Dégagé des contraintes majeures et servitudes absolues, cet espace permet à l'opérateur retenu de délimiter au mieux son projet en fonction des fonds marins, des enjeux environnementaux, des distances à la côte et des usagers de la mer.

⁽¹⁾ Source : Synthèse du cahier des charges de l'appel d'offres, juillet 2011.

Les lauréats du premier appel d'offres éolien en mer



Source : DGEC

À noter : l'appel d'offres concernant le site du Tréport a été déclaré sans suite.

Plage des Rosaires à Plérin



UN CAHIER DES CHARGES PRÉCIS

Les critères de sélection des offres, mentionnés dans le cahier des charges de l'appel d'offres éolien en mer, sont très clairs :

- Le prix de l'électricité (40 points) ;
- Le volet industriel (40 points) ;
- Capacités de production industrielles : fiabilité des filières d'approvisionnement des composants et délais de mise en service.
- Minimisation de l'impact des activités industrielles : choix d'implantation et des processus logistiques, minimisation des nuisances et risques induits par les opérations de transport.

- Maîtrise des risques techniques et financiers : expérience du candidat en matière de construction, de développement et d'exploitation de parcs éoliens en mer, ainsi que de gestion des risques techniques et financiers associés, robustesse de l'analyse des risques techniques, environnementaux et sociaux, qualité et pertinence des mesures liées à la sécurité maritime, existence d'une source d'approvisionnement alternative, robustesse du plan d'affaires et du montage financier.
- Implication du candidat en matière de recherche et développement (technologique et environnementale) lié à l'éolien en mer sur les côtes françaises.

- Le volet « activités existantes et environnement » (20 points).
- Minimisation du nombre d'équipements installés.
- Maîtrise des impacts sur les activités existantes : qualité de l'analyse des activités existantes et des mesures envisagées pour l'évitement, la réduction et la compensation des impacts du projet sur celles-ci.
- Maîtrise des impacts sur l'environnement : qualité des mesures envisagées pour l'évitement, la réduction et la compensation des effets négatifs notables sur l'environnement, qualité des actions envisagées pour le suivi environnemental.
- Qualité et pertinence du plan de démantèlement.

3-3-3 La concertation au cœur de la philosophie d'Ailes Marines

À la rencontre des acteurs dès 2009

Pour Ailes Marines, la réussite du projet repose largement sur l'appropriation des enjeux pour construire un véritable projet de territoire.

C'est pourquoi, depuis la fin de l'année 2009, avant même la publication de l'appel d'offres de l'État, le consortium mené par IBERDROLA et EOLES parcourt le territoire breton à la rencontre des parties prenantes. Plus de 200 réunions de concertation locales sont organisées avec les acteurs : élus, acteurs socio-économiques, usagers de la mer, associations environnementales et citoyennes (Cf. Annexe p. 128).

Parmi les acteurs rencontrés par Ailes Marines, on peut citer à titre d'exemple :

Les représentants de la pêche professionnelle

La filière pêche représente un enjeu socio-économique majeur pour le territoire et fait l'objet d'une attention particulière de la part des élus, des

services de l'État, mais également de la population qui y est fortement attachée. Il a donc été primordial de veiller à la compatibilité du projet éolien avec les différentes pratiques de pêche.

Cette large concertation s'est traduite par des réflexions communes et des décisions concrètes, en particulier avec les représentants des Comités Départementaux des Pêches et des Élevages Marins des Côtes-d'Armor et d'Ille-et-Vilaine (CDPMEM 22 et 35) et du Comité Régional des Pêches des Élevages Marins de Bretagne (CRPMEM de Bretagne). Ailes Marines a très tôt initié une démarche participative avec les instances de pêche, afin de définir un projet le moins impactant possible pour leurs activités professionnelles et préserver et maintenir la filière. La localisation du parc, son orientation, les fondations, le câblage interne et les problématiques de croisement de câbles ont été discutés point par point avec les représentants des professionnels de la pêche afin de parvenir à un projet défini en commun (Cf. Chapitre 2, p. 55).

Les élus

Pour définir son projet et les mesures d'accompagnement, Ailes Marines a rencontré l'ensemble des élus concernés (le Conseil Régional de Bretagne, le Conseil général des Côtes-d'Armor et les huit établissements publics de coopération intercommunale de la Baie de Saint-Brieuc). Ces différentes rencontres ont été l'occasion d'échanges et d'écoute et ont permis d'engager une réflexion territoriale dans le but de mieux en appréhender le contexte et de cerner les enjeux propres à chaque échelle du territoire breton.

Les acteurs du monde industriel

Désireux d'associer les entreprises des Côtes-d'Armor et de Bretagne à l'élaboration du programme industriel nécessaire au projet, Ailes Marines a entrepris, grâce aux Chambres de Commerce et d'Industrie, au cluster Bretagne Pôle Naval ou encore à Bretagne Développement Innovation, (agence de développement économique de la région Bretagne) un travail d'identification et de recherche de savoir-faire. Plusieurs entreprises ou groupements d'entreprises ont été rencontrés par les partenaires industriels d'Ailes Marines (cf. Chapitre 3). Par ailleurs, certains membres du consortium sont adhérents de différents groupements et organismes/réseaux d'entreprises locales en charge de la valorisation des savoir-faire en Bretagne (Bretagne Pôle Naval, Pôle Mer Bretagne, France Énergies Marines). Dans ce cadre, Ailes Marines a participé à une série de conférences et de groupes de travail liés notamment aux énergies marines renouvelables.

Les acteurs de l'emploi et de la formation

Un travail a été entamé avec l'ensemble des parties prenantes (Conseil Régional, Conseil général, rectorat, Pôle Emploi, AFPA) dès l'été 2011 afin que l'installation de ce parc éolien soit exemplaire dans le domaine de la gestion prévisionnelle des emplois, des compétences et de l'insertion professionnelle.

Depuis le 11 janvier 2012, date de dépôt du dossier d'appel d'offres à la CRE, Ailes Marines a poursuivi et accentué ses actions de concertation avec tous les acteurs du territoire (collectivités locales, parlementaires, associations citoyennes, usagers de la mer) et a participé à des événements sportifs et culturels briochins.



/// Journée fournisseurs à la Chambre de Commerce et d'Industrie des Côtes-d'Armor.

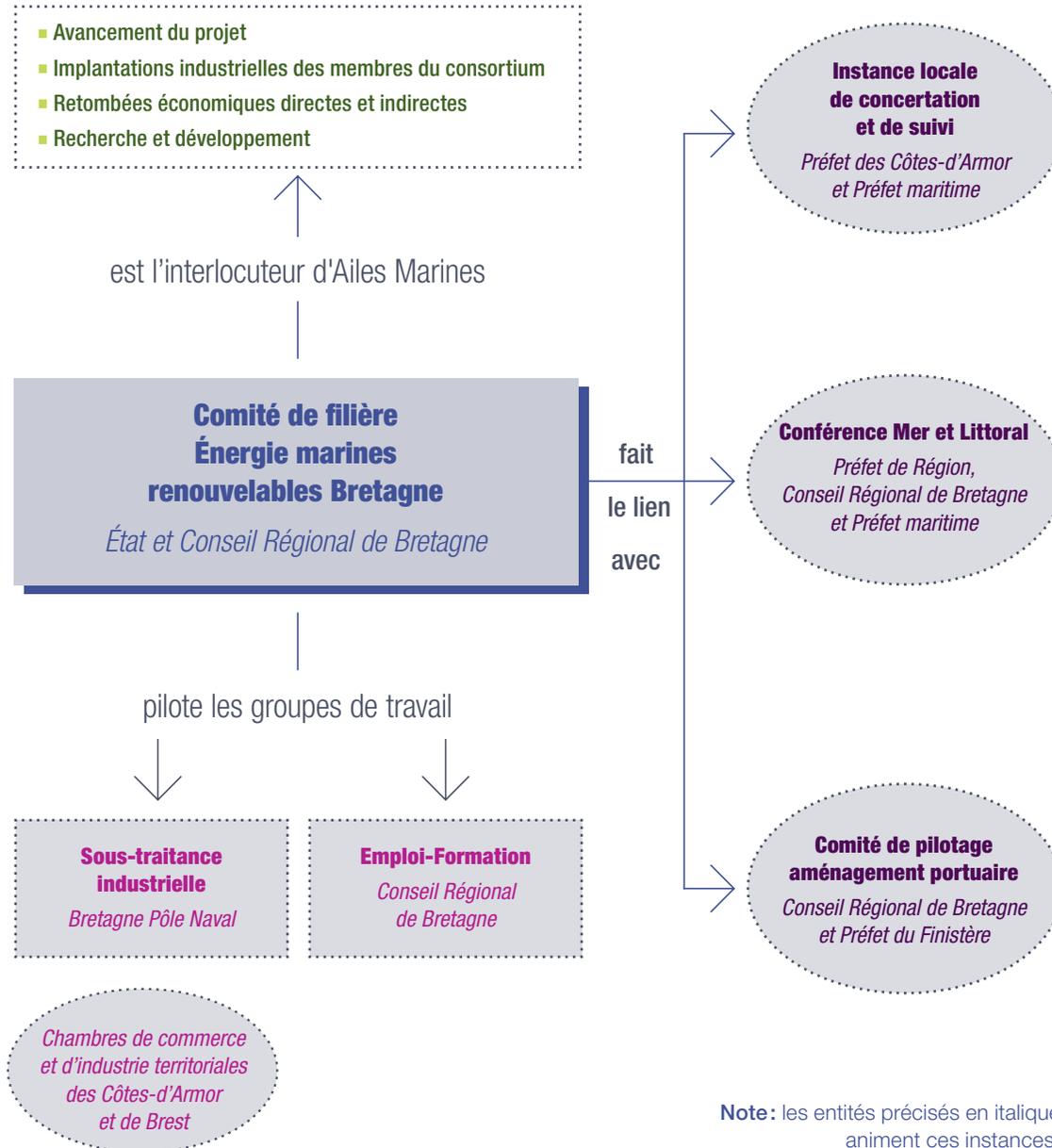
C'est sur ce dialogue de proximité que le consortium s'est appuyé pour développer et définir le projet éolien en mer de la Baie de Saint-Brieuc présenté dans les chapitres suivants.

Aujourd'hui, une gouvernance à plusieurs échelles appuyée sur un Comité de filière

À l'annonce du lauréat de l'appel d'offres, le Préfet de la Région Bretagne et la Région Bretagne ont décidé de mettre en place un « Comité de filière sur les énergies marines renouvelables en Bretagne », piloté par Bretagne Développement Innovation. Pierre angulaire du dispositif de concertation, ce comité permet à Ailes Marines de faire avancer son projet avec le concours de l'ensemble des parties prenantes du territoire (hors grand public), qui se réunissent dans le cadre de différents groupes de travail techniques. En parallèle, une instance de concertation locale et de suivi pilotée par le Préfet des Côtes-d'Armor et le Préfet maritime de l'Atlantique, se réunit en fonction de l'actualité du projet. Elle regroupe, entre autres, les élus, les associations professionnelles ou citoyennes et les services de l'État.

Tout au long de la vie du projet, de sa réalisation jusqu'à son démantèlement, Ailes Marines souhaite que les échanges avec l'ensemble des acteurs du territoire se poursuivent. Le débat public doit permettre d'approfondir cette concertation, en offrant une vision transversale de l'ensemble des enjeux.

Le schéma de gouvernance du projet par les autorités régionales



Note: les entités précisés en italique animent ces instances.



/// Autre instance à laquelle participe Ailes Marines : la Conférence Bretonne de l'Énergie