

## Chapitre 5

# Des enjeux économiques et industriels

---



<b>1.</b>	<b>L'économie des énergies marines</b>	<b>129</b>
1.1.	Considérations économiques	129
1.1.1.	Les coûts d'installation	129
1.1.2.	Le coût de l'énergie	132
1.1.3.	La fiabilité et la maintenance	136
1.1.4.	La fiscalité	137
1.1.5.	Les mécanismes incitatifs	138
1.2.	L'organisation industrielle	140
1.2.1.	Les acteurs de la chaîne industrielle	140
1.2.2.	Une place pour l'innovation	141
1.3.	Les marchés	143
1.3.1.	Eolien offshore : un marché en construction	143
1.3.2.	Energie des vagues et des courants : un marché inexistant, des annonces plus timides	147
1.3.3.	Algo-carburants : des annonces à la mesure des enjeux pétroliers	148
1.3.4.	Des politiques énergétiques variées en Europe	149
1.3.5.	Waveplam : un projet européen centré sur les marchés	151
1.4.	Risques et marchés financiers	151
<b>2.</b>	<b>Les emplois et les métiers des énergies marines</b>	<b>153</b>
2.1.	Le marché de l'emploi	153
2.1.1.	Les emplois du secteur éolien	154
2.1.2.	Des emplois promis dans l'éolien offshore	154
2.1.3.	Un enjeu : la pérennité des emplois	156
2.1.4.	Les emplois créés par l'exploitation de l'énergie des vagues et des courants	157
2.2.	Du projet à la filière, un possible ancrage local	157
2.2.1.	Le besoin d'une large palette de compétences	157
2.2.2.	Des compétences en Bretagne, depuis l'amont jusqu'à l'aval	159
2.2.3.	Un ancrage local souhaité par les porteurs de projets	160
2.3.	Des besoins et des formations à définir	160



Avant même de parler de production d'énergie, le développement technologique apparaît comme porteur d'enjeux industriels et économiques. Il s'agit en effet d'une activité nouvelle qui devra faire sa place dans les filières économiques (1) et dans les filières de formation (2).

## 1. L'économie des énergies marines

L'Agence économique de Bretagne a engagé en 2008 une étude de filière sur l'éolien offshore, afin de repérer les potentialités de développement économique et d'identifier les domaines dans lesquels la Bretagne peut encore se positionner. Les éléments qui suivent sont directement inspirés de ce travail<sup>69</sup>.

La maturité industrielle du secteur éolien, et les projets réalisés dans d'autres pays européens comme le Danemark, permettent de fournir un certain nombre d'informations qui ne sont hélas pas disponibles pour les autres énergies marines, encore en phase de développement. C'est donc presque exclusivement de l'éolien offshore qu'il s'agit ici.

### 1.1. Considérations économiques

L'économie de ces projets repose sur plusieurs variables, parmi lesquelles :

- les coûts d'installation ;
- le coût de l'énergie ;
- la fiabilité et la maintenance ;
- la fiscalité ;
- les mécanismes incitatifs.

#### 1.1.1. Les coûts d'installation

- La répartition des coûts

A la différence de l'éolien terrestre où le coût d'installation repose presque exclusivement sur le coût de la machine, l'installation en milieu marin engendre des coûts « annexes » pouvant représenter la moitié du coût total du projet : il s'agit notamment du coût des fondations, lié à la profondeur d'eau et à la nature des fonds ; à l'installation elle-même, dans des conditions plus difficiles qu'à terre ; et bien sûr au raccordement, dont le coût dépend directement de la distance à la côte. La chaîne de valeur est donc différente entre l'éolien terrestre et l'éolien offshore.

---

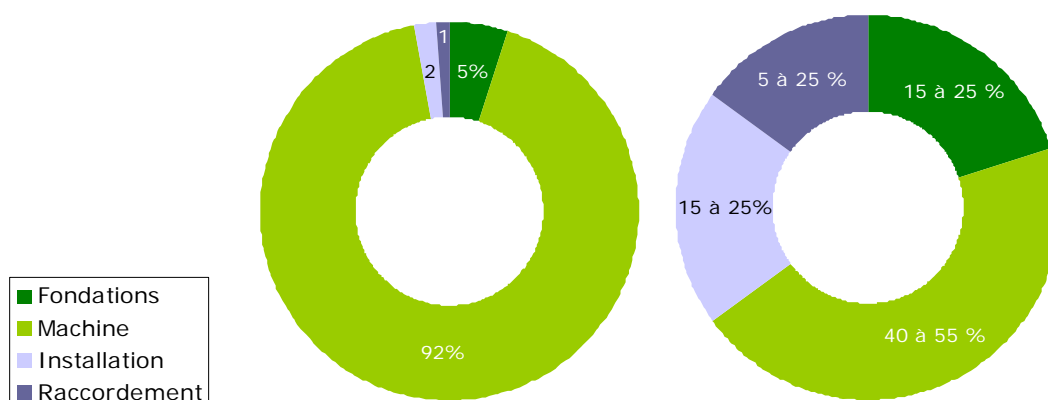
<sup>69</sup> Audition de M. Jean-Jacques LE NORMENT (Agence économique de Bretagne) le 10 juillet 2008.

Tableau 6. Répartition des coûts d'un projet éolien terrestre et d'un projet éolien offshore.

	Eolien terrestre	Eolien offshore
Fondations	5 %	15 à 25 %
Machine	92 %	40 à 55 %
Installation	2 %	15 à 25 %
Raccordement	< 1 %	5 à 25 %

Source : AEB d'après Dong Energy, 2008.

Figure 52. Répartition des coûts d'un projet éolien terrestre (à gauche) et d'un projet éolien offshore (à droite).



Le coût d'installation de l'éolien offshore (2 à 3,5 millions d'euros par MW installé) est ainsi deux à trois fois celui de l'éolien terrestre (1 M€/MW). A titre d'illustration, le coût du parc éolien de Veulettes-sur-Mer, porté par Enertrag, est estimé à 2,86 M€/MW<sup>70</sup> ; celui de la baie de Saint-Brieuc, porté par Powéo, à 3,4 M€/MW ; celui du Thorntonbank, en Belgique, à 3,5 M€/MW<sup>71</sup>. Ces coûts couvrent l'ensemble du projet, depuis les études préalables jusqu'au démantèlement.

Les coûts d'investissement annoncés pour les installations de récupération de l'énergie des vagues et des courants, devraient, à terme, être du même ordre de grandeur que ceux de l'éolien offshore aujourd'hui, à savoir entre 2 et 3,5 M€/MW. Mis à part le parc houlomoteur de Pelamis au Portugal (3,2 M€/MW installé), ces technologies sont encore, pour les plus avancées, au stade de la démonstration : ainsi, le projet d'EDF à Paimpol-Bréhat est vu comme une étape d'apprentissage et non une étape de rentabilité. Son coût est estimé à 20 millions d'euros pour une puissance de 2 MW, soit 10 M€/MW. EDF estime que l'apprentissage devrait être plus rapide avec les hydroliennes qu'avec les éoliennes, et que ces machines pourraient devenir compétitives à moyen terme<sup>72</sup>. La technologie Searev, au stade du prototype, est également très chère puisque l'installation de 3 à 5 machines est estimée à plusieurs dizaines de millions d'euros, alors que le seuil de rentabilité des machines se situera autour de 2 M€/MW installé.

<sup>70</sup> Audition de M. Michel PAILLARD (Ifremer) le 10 janvier 2008 à Brest.

<sup>71</sup> D'après la visite organisée par le Conseil régional de Bretagne à Ostende le 24 octobre 2008.

<sup>72</sup> Audition de MM. Cyrille ABONNEL et Philippe GUILLAUMEUX (EDF) le 15 mai 2008.

- La variabilité des coûts d'installation

La variabilité des coûts est liée à plusieurs phénomènes, intrinsèques au projet ou liés au marché.

La variabilité intrinsèque est due aux caractéristiques mêmes du projet, à savoir la profondeur d'eau, ainsi que la distance de raccordement. Le coût des fondations n'augmente pas de façon linéaire avec la profondeur d'eau. Il peut varier de 0,33 M€/MW à 10 m de profondeur à 1,33 M€/MW à 40 m de profondeur, mais reste extrêmement dépendant de la nature des fonds, qui détermine le type de fondation. La quantité d'acier peut varier, par exemple, de 200 à 300 tonnes par MW installé pour une même profondeur d'eau, c'est-à-dire dans les mêmes proportions que lorsque l'on passe de 10 m à 40 m de profondeur<sup>73</sup>. Le coût du câble de raccordement est de l'ordre du million d'euros par km installé.

La variabilité des coûts liée au marché vient de l'augmentation du prix des matières premières (acier notamment), et de l'effet « demande » qui provoque une tension très forte sur le marché. La situation est la même pour l'éolien terrestre : l'industrie mondiale des éoliennes est en « surchauffe » et confrontée à des coûts croissants, dus à la pénurie des composants et à l'augmentation des matières premières. Actuellement, les délais d'approvisionnement pour l'éolien terrestre vont de 18 à 24 mois et son coût a augmenté sous l'impact de la demande mondiale qui excède les capacités de production, passant de 1,25 à 1,35 M€/MW entre 2006 et 2007<sup>74</sup>.

Vestas, l'un des leaders sur le marché de la construction d'éoliennes, a donné des chiffres d'évolution des coûts d'installation de l'éolien offshore depuis quelques années.

Tableau 7. Evolution des coûts d'installation de l'éolien offshore depuis 3-5 ans.

Matériaux de construction des pales	+ 38 %
Transport routier	+ 30 %
Transport maritime	+ 70 %
Navires d'installation	+ 25 %
Transformateur	+ 50 %
Câble	+ 100 %
Navires câblés	+ 90 %

Source : AEB, d'après Vestas, 2008.

Les investissements ont beaucoup augmenté, passant de 1 M€/MW installé en 2002 à 2,8 à 4,4 M€/MW installé en 2007-2008, pour des projets encore installés à de faibles profondeurs, de l'ordre de 4 à 12 mètres. Ces chiffres ne reflètent pas ce que sera une implantation à 40 m de profondeur<sup>75</sup>.

<sup>73</sup> Audition de M. Jacques RUER (Saipem s.a.) le 10 janvier 2008.

<sup>74</sup> ADEME, juillet 2008. *Marchés, emplois et enjeu énergétique des activités liées à l'efficacité énergétique et aux énergies renouvelables : situation 2006-2007 – perspectives 2012.*

<sup>75</sup> Audition de M. Jean-Jacques LE NORMENT (Agence économique de Bretagne) le 10 juillet 2008.

La tension est très forte sur le marché des navires d'installation, peu nombreux et mobilisés par le secteur pétrolier. Il faut deux ans de réservation pour la barge Rambiz, mobilisée sur le projet du Thorntonbank en Belgique. Powéo, de son côté, regarde déjà les plans de charge des navires spécialisés à l'horizon 3-4 ans. La France ne possède pas de navire dédié à l'installation des éoliennes. Or, ce qui coûte le plus cher n'est pas tant la durée d'utilisation que la mobilisation et la démobilisation des navires spécialisés.

Selon A2SEA, une compagnie de travaux maritimes qui a installé 75% des éoliennes, la capacité en navires d'installation disponibles va baisser à mesure que la dimension des turbines va augmenter. Les besoins estimés sont de 3 navires supplémentaires d'ici 2010, 6 navires supplémentaires d'ici 2011, 9 navires supplémentaires d'ici 2012. Or 5 nouvelles barges seulement étaient annoncées en construction à la fin 2007, ce qui pourrait poser problème dès 2009<sup>76</sup>.

Le deuxième goulot d'étranglement viendra du marché des câbles électriques, du fait de la demande future et du peu de constructeurs mondiaux. Il faut actuellement un an d'attente pour le câble. C'est pour cette raison que, sur le parc du Thorntonbank en Belgique, un tronçon supplémentaire de 1 km est ensouillé avec le câble principal, permettant de remplacer sans délai, et donc en limitant la perte de production, un segment qui serait endommagé<sup>77</sup>.

### 1.1.2. Le coût de l'énergie

Le coût de l'énergie est calculé en rapportant le coût total à l'énergie produite. Le coût total comprend les coûts d'installation, d'opération, de maintenance et de démantèlement. L'énergie produite est calculée en tenant compte du nombre d'heures de fonctionnement en équivalent pleine puissance sur la durée de vie de la machine retenue dans les calculs, estimée à 20 ans pour les éoliennes.

- L'estimation des coûts de l'énergie éolienne offshore

L'évaluation du coût de l'énergie éolienne offshore ou de l'énergie des vagues et des courants est rendue difficile du fait du caractère émergent de ces technologies. Les quelques chiffres avancés ici doivent donc être examinés avec prudence<sup>78</sup>. Les fourchettes de coûts de revient au kWh sont actuellement très larges et dépendent d'hypothèses fortes sur l'apprentissage, la maturation des technologies et les effets d'échelle d'un marché en croissance<sup>79</sup>.

---

<sup>76</sup> Audition de M. Jean-Jacques LE NORMENT (Agence économique de Bretagne) le 10 juillet 2008.

<sup>77</sup> D'après la visite organisée par le Conseil régional de Bretagne à Ostende le 24 octobre 2008.

<sup>78</sup> Le coût de l'éolien offshore, en particulier, a fait l'objet d'une polémique entre l'Institut Montaigne et le Syndicat des énergies renouvelables pendant l'été 2008.

<sup>79</sup> Rapport du groupe de travail Poséidon, décembre 2006. *Une ambition maritime pour la France*.



Le coût de l'énergie éolienne terrestre était estimé à 8,2 c€/kWh en 2008, et pourrait être de 6,3 c€/kWh en 2020<sup>80</sup>. Le surcoût de l'énergie éolienne terrestre par rapport au prix de l'électricité du marché (6,8 c€ en 2008) diminue : il était de 6 c€ en 2001, 2,9 c€ en 2006 et il est aujourd'hui de 1,6 c€. Ceci s'explique par la diminution du coût de l'éolien liée à son développement, par la diminution du tarif de rachat, ainsi que par l'augmentation des prix de la référence pétrole<sup>81</sup>.

Le coût de l'énergie éolienne offshore est évalué, quant à lui, à 11,8 c€/kWh en 2012 (pour un coût d'investissement de 2,6 M€/MW) et 9,8 c€/kWh en 2020 (pour un coût d'investissement de 2,2 M€/MW)<sup>82</sup>.

La DGEC évalue les charges d'exploitation (sans les taxes) d'un parc éolien offshore de 1,7 à 2,2 c€/kWh. Une autre estimation donne un coût d'exploitation de 3 à 4 c€/kWh, ce coût comprenant les pertes, la maintenance, les assurances, la gestion du personnel, le suivi de la production<sup>83</sup>.

Une étude menée par Ernst et Young sur les variables déterminantes d'un projet éolien offshore montre que la variable la plus importante dans la détermination du coût de l'énergie, et donc dans la rentabilité du projet, est la vitesse moyenne du vent. Elle détermine le nombre d'heures de production et donc la rentabilité du site : 3 900 heures équivalent pleine puissance pour une vitesse de 9,4 m/s, 4 300 heures pour une vitesse de 10,3 m/s. Cette étude a montré que le taux de rentabilité interne (TRI) augmente de 4,6 % lorsque la vitesse du vent passe de 8 à 10 m/s<sup>84</sup>.

Les opérateurs raisonnent en conséquence dans une logique de portefeuille : ils positionnent leurs parcs dans des sites ayant des conditions météorologiques différentes et complémentaires, de façon à assurer la rentabilité de leurs projets.

- L'estimation des coûts de l'énergie des vagues et des courants

Les technologies de récupération de l'énergie des vagues et des courants sont encore à des stades de développement précoces, et le coût de l'énergie produite (appelé coût initial, avant le développement du marché) est relativement élevé. Une étude réalisée au Royaume-Uni pour le Carbon Trust<sup>85</sup> a évalué le coût initial de l'énergie des vagues et des courants<sup>86</sup> :

- vagues : de 12 à 44 p/kWh, en moyenne 22 à 25 p/kWh (32 à 36 c€/kWh) ;
- courants : de 9 à 18 p/kWh, en moyenne 12 à 15 p/kWh (17 à 22 c€/kWh).

---

<sup>80</sup> Syndicat des énergies renouvelables, 2008.

<sup>81</sup> MEEDDAT, 15 février 2008. *L'éolien contribue à la diminution des émissions de CO<sub>2</sub>*. Note d'information.

<sup>82</sup> DGEC, 2008. *Coûts de référence de la production électrique*. Calcul prenant en compte les paramètres suivants : 3000 h de fonctionnement pendant 20 ans, taux d'actualisation moyen de 8%.

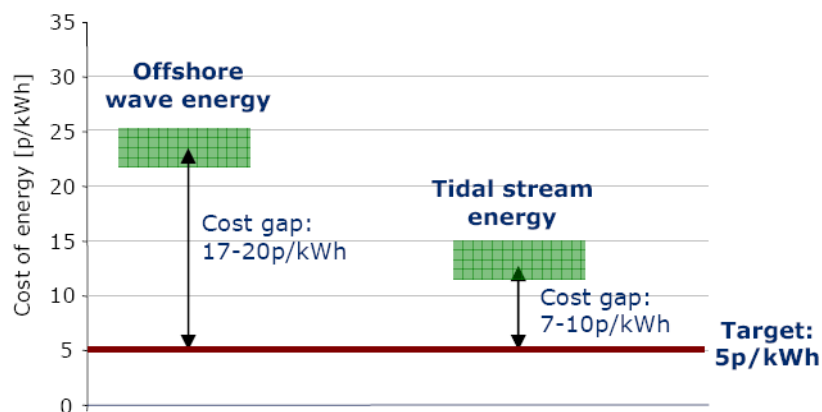
<sup>83</sup> Philippe GOUVERNEUR, 28 octobre 2008. *Eolien offshore : risques et rentabilité ?* Intervention devant le bureau de coordination énergie éolienne France-Allemagne.

<sup>84</sup> Audition de M. Jean-Jacques LE NORMENT (Agence économique de Bretagne) le 10 juillet 2008.

<sup>85</sup> Le Carbon Trust est un organisme indépendant, mis en place et financé par le gouvernement britannique, et qui travaille avec les entreprises et les organismes publics pour réduire les émissions de CO<sub>2</sub> et développer de nouvelles technologies faiblement émettrices de CO<sub>2</sub>.

<sup>86</sup> Carbon Trust, janvier 2006. *Future Marine Energy. Results of the Marine Energy Challenge: Cost competitiveness and growth of wave and tidal stream energy*. Taux de change janvier 2006 : 1 £ = 1,46 €.

Figure 53. Coût initial de l'énergie des vagues (offshore wave energy) et des courants (tidal stream energy), et écart au prix de l'électricité du marché de 5 p/kWh (7 c€/kWh).



Source : Carbon Trust, 2006.

Certains développeurs ont considéré que ces coûts ne reflétaient pas le coût des technologies les plus avancées et étaient par conséquent surévalués<sup>87</sup>.

En France, l'étude de la DGEC sur les coûts de référence de la production électrique de 2004 estime que le coût de production en 2015 d'une centrale exploitant l'énergie des vagues ou des courants serait de l'ordre de 7,8 c€/kWh pour 3 000 h de fonctionnement en équivalent pleine puissance, et de 5,9 c€/kWh pour 4 000 h<sup>88</sup>.

- L'apprentissage

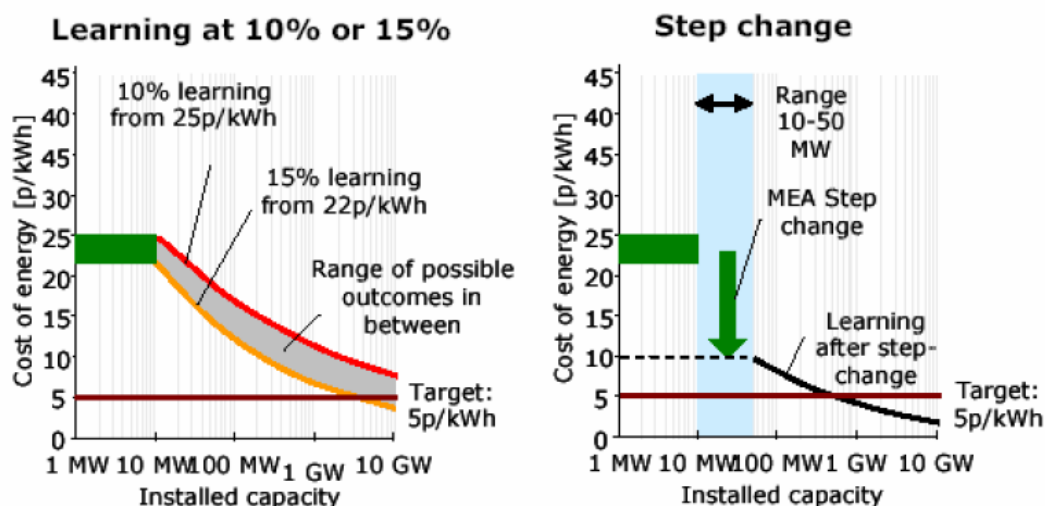
Il est d'usage de parler de « courbe d'apprentissage » pour les technologies émergentes qui sont au stade de la démonstration, comme peuvent l'être les hydroliennes, les systèmes de récupération de l'énergie des vagues ou les éoliennes flottantes. Cette courbe traduit la décroissance des prix en fonction de l'évolution du marché mondial. Cette baisse peut être continue, ou se faire à la faveur d'une rupture technologique. L'objectif est d'atteindre le seuil de rentabilité, c'est-à-dire un prix du kWh qui soit compétitif.

Au démarrage d'un projet, les investissements dans des prototypes sont nécessairement importants, et les risques sont élevés pour des technologies qui ne sont pas encore démontrées. Il faut trouver le juste équilibre dans la taille des prototypes en démonstration, entre une petite taille permettant de réduire les coûts mais ne reflétant que partiellement les conditions d'exploitation réelles, et une taille plus importante permettant de se rapprocher de ces conditions mais à un coût prohibitif.

<sup>87</sup> British Wind Energy Association, juin 2006. *Path to Power. Delivering confidence in Britain's wave and tidal stream industry.*

<sup>88</sup> DGEC, 2004. *Coûts de référence de la production électrique.* Calcul prenant en compte les paramètres suivants : durée de vie de 20 ans, taux d'actualisation moyen de 8%.

Figure 54. Exemples de courbes d'apprentissage pour l'énergie des vagues.



Source : Carbon Trust, 2006.

On comprend ici le besoin d'avoir, en début de courbe d'apprentissage, des mécanismes incitatifs qui permettent d'accompagner le développement de ces nouvelles filières.

- Des actions pour la réduction des coûts engagées au Royaume-Uni

La politique de développement des énergies marines du Royaume-Uni s'appuie sur deux programmes complémentaires. Dès 2002, le Carbon Trust a identifié les énergies marines (vagues et courants) comme un domaine dans lequel le Royaume-Uni pourrait jouer un rôle majeur, à condition de mieux cerner un certain nombre de paramètres comme la performance, les coûts d'installation et de production, la survivabilité en mer. Dans un rapport de 2003 sur le développement des énergies renouvelables, le Carbon Trust a estimé que, pour être compétitif et maximiser les retombées économiques du développement des énergies renouvelables, le Royaume-Uni devait se concentrer sur ses atouts spécifiques, parmi lesquels les ressources en vagues, courants, et un nombre important de développeurs. S'appuyant sur les compétences développées dans l'exploitation pétrolière, la construction navale et la production d'énergie, le Carbon Trust est arrivé à la conclusion que le Royaume-Uni avait l'opportunité de devenir compétitif dans le domaine de la conception, de la fabrication, de l'installation et de l'exploitation des énergies marines.

Le Carbon Trust a cependant relevé qu'il était difficile d'évaluer les coûts, à terme, de l'énergie des vagues et des courants. C'est pour cette raison qu'il a initié, en 2004, le programme Marine Energy Challenge (MEC). Doté d'un budget de 3 M€ (4,5 M€)<sup>89</sup>, ce programme de 18 mois ciblé sur le développement technologique s'est attaché à clarifier les coûts actuels de l'énergie des vagues et des courants, à identifier la

<sup>89</sup> Le taux de change entre l'euro et la livre sterling est resté relativement stable entre 2004 et 2007, avec 1 £ = 1,5 € environ. Il a fortement évolué en 2008.

réduction possible des coûts dans le futur et appréhender le potentiel de développement de ces énergies dans l'avenir.

Suite à la publication de ce rapport, le Carbon Trust a lancé au mois d'octobre 2006 un programme intitulé Marine Energy Accelerator (MEA), visant à accélérer les progrès à réaliser dans la diminution des coûts de l'exploitation des énergies marines. Ce projet est doté d'un budget de 3,5 M£ (5 M€).

L'éolien offshore n'est pas en reste. Le développement massif de l'éolien offshore au Royaume-Uni est un défi majeur à relever pour les dix prochaines années, et les investissements nécessaires pourraient s'élever à plus de 75 milliards de livres (90 milliards d'euros), un montant du même ordre de grandeur que ce qui a été investi pour l'exploitation pétrolière et gazière de la Mer du Nord pendant les 10 années où ces investissements ont été les plus importants. Le défi à relever est d'autant plus important que les coûts de l'éolien offshore ont doublé dans les 5 dernières années, ce qui a naturellement conduit les développeurs à réduire leurs investissements.

Devant ce constat, le Carbon Trust a initié au mois d'octobre 2008, sous le nom de Offshore Wind Accelerator (OWA), une collaboration avec cinq grandes compagnies de l'énergie visant à réduire d'au moins 10% les coûts de l'éolien offshore et surmonter ainsi l'un des principaux obstacles à son développement. Doté d'un budget de 30 M£, ce programme vise à conduire des actions majeures de recherche, de développement et de démonstration.

### 1.1.3. La fiabilité et la maintenance

- La fiabilité

Dans un contexte risqué comme peut l'être l'intervention en milieu marin, la fiabilité des machines est primordiale et les exploitants exigent des garanties auprès des constructeurs. Si la fiabilité de la machine s'avère être inférieure à la garantie constructeur (90%), celui-ci assume des pénalités garantissant ainsi un niveau de revenu à l'investisseur<sup>90</sup>. C'est le même principe que le maintien en conditions opérationnelles.

Cette question de fiabilité est une barrière à l'entrée de nouveaux arrivants, en particulier de petites entreprises. Un opérateur ne va pas s'adresser à un constructeur qui n'a pas la surface financière nécessaire pour assurer les garanties. La fiabilité des machines est déterminée par les cabinets de risk assessment<sup>91</sup>, qui ont engrangé des données machine depuis des années.

- La maintenance

Les conditions difficiles des interventions en mer, et les aléas climatiques qui peuvent les retarder ou les prolonger, font de la maintenance un poste de dépense

---

<sup>90</sup> Audition de M. Jean-Jacques LE NORMENT (Agence économique de Bretagne) le 10 juillet 2008.

<sup>91</sup> Risk assessment : évaluation et gestion du risque.

relativement élevé, et en tout état de cause plus élevé pour l'éolien offshore que pour l'éolien terrestre.

Les opérations de maintenance sont peu prévisibles, et les retours d'expérience des parcs existants sont difficilement extrapolables. Les fourchettes vont de 12 à 15 € par MWh produit sur un parc proche des côtes, en été, jusqu'à 30 € par MWh pour un parc éloigné, en hiver, soit du simple au triple. Sur un parc de 20 éoliennes, cette maintenance se traduit par une moyenne de 212 jours à la mer, avec une attente à terre importante qui coûte cher<sup>92</sup>.

Les coûts de maintenance, comme les coûts d'installation, varient également avec le marché puisque, dans les 3 à 5 dernières années, ils ont augmenté de + 250 %<sup>93</sup>. Les premiers parcs éoliens offshore se situaient à proximité immédiate de la côte, ce qui facilitait les opérations de maintenance. Or l'accès aux machines ne peut se faire que sous 1 m de creux, voire 1,5 m avec des barges stabilisées, pour la maintenance simple. Dès lors qu'il s'agit de transférer du matériel, ces opérations posent la question du risque humain.

#### 1.1.4. La fiscalité

- La redevance domaniale

L'occupation temporaire du domaine public à des fins privées par toute personne donne lieu, outre les autorisations préalables, au paiement d'une redevance pour occupation du domaine public. Elle comprend une part fixe forfaitaire par machine installée, et une part variable fonction de la puissance installée. L'arrêté du 2 avril 2008 précise les modalités de calcul de la redevance<sup>94</sup> :

- un premier élément, fixe, de 1 000 € par unité de production et de 1 € par mètre linéaire de raccordement (sur le domaine public uniquement) ;
- un deuxième élément, variable, de 6 000 € par MW installé.

Dans le cadre de l'occupation du domaine public maritime, et donc pour l'éolien offshore, un abattement de 50 % par mètre linéaire de raccordement est appliqué, et le deuxième élément est ramené à 4 000 € par MW installé.

- La taxe spéciale

Il existe, pour l'éolien offshore, une taxe spéciale annuelle de 12 500 € par MW installé, qui se substitue à la taxe professionnelle classique. Le produit de cette taxe est affecté à un fonds national de compensation de l'énergie éolienne en mer. La moitié est répartie par le Préfet entre les communes d'où sont visibles les installations en tenant compte de la distance d'éloignement et de la population de

---

<sup>92</sup> Audition de M. Jean-Jacques LE NORMENT (Agence économique de Bretagne) le 10 juillet 2008.

<sup>93</sup> *Ibid.*

<sup>94</sup> Arrêté du 2 avril 2008 fixant le tarif des redevances dues pour occupation du domaine public de l'Etat par des installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent et par leurs équipements accessoires.

ces communes. L'autre moitié est gérée par le Conseil général dans un fonds départemental pour les activités maritimes de pêche et de plaisance.

Les articles 1519B et 1519C du Code général des impôts fixent le montant de la taxe générée par l'éolien offshore et les modalités de sa redistribution. Le décret du 26 août 2008 vient préciser les modalités d'application de ces mesures. Il définit notamment la notion de visibilité en la limitant à un rayon de 12 milles autour de l'installation de production électrique, mais laisse en revanche le Conseil général libre de déterminer les critères de répartition du produit de la taxe qu'il perçoit<sup>95</sup>.

Pour un projet comme celui de Powéo en baie de Saint-Brieuc, le montant annuel des taxes serait de 1,8 millions d'euros.

### 1.1.5. Les mécanismes incitatifs

- Les aides directes

Les acteurs publics peuvent intervenir directement dans le montage financier des projets, dans le but notamment de soutenir l'étape difficile de leur émergence. En Allemagne, par exemple, devant la montée prévisible des coûts d'installation des parcs éoliens en mer, l'Etat a décidé de prendre en charge le raccordement au réseau et paie les 150 premiers kilomètres de câble. La Belgique ne semble pas suivre cette voie mais a quand même financé à hauteur de 20% le câble du premier parc éolien du Thorntonbank.

D'autres aides sont possibles : la Région Pays de la Loire et l'Etat financent dans le cadre du Contrat de projets Etat-Région 2007-2013 le projet de site de démonstration Semrev, à hauteur de 5,5 M€, dont 2,2 M€ de la Région. La Région Bretagne, de son côté, a décidé de soutenir le projet pré-industriel de Paimpol-Bréhat, porté par EDF, à hauteur de 3,1 M€.

- Le rachat de l'électricité

Initié aux États-Unis et introduit en Europe par l'Allemagne, le rachat contractuel de l'électricité produite avec des énergies renouvelables est un outil économique et politique visant à accompagner le développement de nouvelles filières, en sécurisant la prise de risque financière sur des technologies émergentes et non rentables. Cet accompagnement a pour objectif de stimuler l'intérêt porté à ces nouvelles filières, de favoriser les investissements et d'améliorer leur rentabilité.

Deux approches sont classiquement utilisées pour soutenir le développement des énergies renouvelables : une approche par les prix (tarifs de rachat en France, Allemagne, Espagne : le marché fixe les quantités) et une approche par les quantités (certificats négociables en Belgique, Italie, Royaume-Uni : le marché fixe les prix).

---

<sup>95</sup> Décret n° 2008-851 du 26 août 2008 relatif aux conditions d'application et de répartition de la taxe annuelle sur les installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent situées dans les eaux intérieures ou la mer territoriale.

En France, c'est la loi du 10 février 2000 relative à la modernisation et au développement du service public de l'électricité qui prévoit les conditions de rachat de l'électricité produite à partir de sources renouvelables. L'article 10 de cette loi prévoit que certaines installations peuvent bénéficier de l'obligation d'achat de l'électricité qu'elles produisent, par EDF ou les distributeurs non nationalisés, à des tarifs réglementés. Ces installations sont celles qui valorisent les déchets ménagers ou assimilés et qui utilisent les énergies renouvelables. Le Préfet délivre au demandeur, s'il y a lieu, un certificat ouvrant droit à l'obligation d'achat d'électricité.

Les arrêtés du 10 juillet 2006 et du 1<sup>er</sup> mars 2007 précisent les tarifs de rachat de l'électricité produite à partir des énergies marines :

- 13 c€/kWh pendant 10 ans pour l'éolien offshore, puis 3 à 13 c€/kWh pendant 10 ans selon la durée annuelle de fonctionnement des installations<sup>96</sup> ;
- 15 c€/kWh pendant 20 ans pour les installations utilisant l'énergie houlomotrice, marémotrice ou hydrocinétique<sup>97</sup>.

La Belgique, l'Italie et le Royaume-Uni ont mis en place, avec quelques variantes, un marché de certificats verts. Cet instrument de soutien repose sur la création d'un marché financier sur lequel s'échangent des titres attribués à des installations certifiées, produisant de l'électricité à partir de sources renouvelables. En Belgique, une installation certifiée reçoit pendant 10 ans des certificats verts, en fonction de sa production électrique et de son économie de CO<sub>2</sub>. Ces titres sont échangés soit sur une place boursière, soit via des contrats bilatéraux. Les bénéfices que tirent les producteurs de la vente de ces certificats constituent une rentrée financière s'ajoutant au produit de la vente de leur électricité au réseau électrique<sup>98</sup>.

Tableau 8. Mécanismes incitatifs de quelques pays pour l'éolien offshore.

Pays	Mécanisme	Durée	Montant en c€/kWh
Allemagne	Tarif d'achat	20 ans	14 c€ jusqu'en 2013 12 c€ au-delà
Belgique	Tarif d'achat fixé au niveau fédéral ou certificats verts en régions	10 ans 10 ans	9 c€ 10,7 c€ en 2008 (marché)
Danemark	Prix du marché + prime	20 ans	7 c€ en 2007 (marché)
Espagne	Tarif d'achat ou prix du marché + prime	20 ans	12 à 16,4 c€ en 2007 (marché)
France	Tarif d'achat	20 ans	13 c€ pendant 10 ans puis 3 à 13 c€ pendant 10 ans, selon le facteur de charge
Italie	Certificats verts		13,7 c€ en 2007 (marché)
Pays-Bas	Prix du marché + prime		10,6 c€ en 2008 (marché)
Portugal	Tarif de rachat	15 ans	7,5 c€
Royaume-Uni	Prix du marché + 1,5 ROC (certificat d'obligation d'achat)	Jusqu'en 2027	13,5 c€ en 2007 (marché) 17 c€ en 2009

Sources : Agence économique de Bretagne, EWEA, EurObserver, KPMG.

<sup>96</sup> Arrêté du 10 juillet 2006 fixant les conditions d'achat de l'électricité produite par les installations utilisant l'énergie mécanique du vent.

<sup>97</sup> Arrêté du 1<sup>er</sup> mars 2007 fixant les conditions d'achat de l'électricité produite par les installations utilisant l'énergie hydraulique des lacs, cours d'eau et mers.

<sup>98</sup> *Mise en place d'un marché des certificats verts en Belgique*. Etude réalisée pour le cabinet du Secrétaire d'Etat à l'énergie et au développement durable, juillet 2000.

Tableau 9. Mécanismes incitatifs de quelques pays pour l'énergie des vagues et des courants.

Pays	Mécanisme	Durée	Montant en c€/kWh
France	Tarif de rachat	20 ans	15 c€
Portugal	Tarif de rachat	15 ans	23 c€
Royaume-Uni	Prix du marché + 2 ROC Ecosse : prix du marché + 3 ROC pour les courants ; prix du marché + 5 ROC pour les vagues.	Jusqu'en 2027	

Source : Carbon Trust.

Le tarif d'achat a été fixé en France à 15 c€/kWh. Ce tarif est jugé insuffisant pour des technologies qui en sont au stade de la démonstration, et pour lesquelles les investissements et les risques sont élevés. C'est le Portugal qui offre le tarif le plus intéressant (23 c€/kWh).

## 1.2. L'organisation industrielle

C'est la recherche de la sécurisation logistique qui prime dans l'organisation industrielle.

### 1.2.1. Les acteurs de la chaîne industrielle

La chaîne industrielle fait appel à un ensemble de spécialisations pour :

- la conception de la machine (architecture et ingénierie) ;
- la construction des différents composants de la machine ;
- l'installation en mer ;
- la maintenance ;
- le démantèlement.

Les 4 principaux constructeurs d'éoliennes au monde (Vestas, Gamesa, GE Wind et Enercon) concentrent 70% des parts de marché. L'arrivée de constructeurs chinois pourrait amener certains fabricants européens à se concentrer davantage sur le marché de l'offshore, qui nécessite des technologies plus avancées. Actuellement, la concurrence sur le marché de l'offshore reste limitée. Elle oppose essentiellement Vestas et Siemens mais de nouveaux constructeurs comme Repower et Multibrid, qui se spécialisent sur les éoliennes de grande puissance (5 MW aujourd'hui), se sont déjà vu confier la construction d'éoliennes offshore<sup>99</sup>.

Dans la chaîne de valeur moyenne d'une éolienne, les pales constituent le premier poste de dépense. C'est un poste de forte intensité capitalistique. La plupart des constructeurs fabriquent eux-mêmes leurs pales et sous-traitent peu. Le premier constructeur de pales au monde est la société danoise LM Glasfiber, un ancien constructeur de yachts.

<sup>99</sup> EurObserv'Er, février 2008. *Le baromètre éolien*.



Tableau 10. Chaîne de valeur moyenne d'une éolienne terrestre.

Ensemble	Composants	Valeur
Rotor	Pales	21 %
	Moyeu	7 %
	Pitch	4 %
Nacelle	Transmission	13 %
	Générateur	19 %
	Châssis	4 %
	Capot	2 %
	Orientation	2 %
	Autres	12 %
Mât		21 %
Fondations		5 %

Source : *Druide Conseil, 2008.*

Certains constructeurs ont une maîtrise totale de l'intégration, et le marché est donc concentré et difficile à pénétrer. Les acteurs historiques maîtrisent les process et proposent des produits fiabilisés, normés et garantis. La fiabilité exigée et les process de risk assessment favorisent ces acteurs historiques<sup>100</sup>.

Il y a cependant certains secteurs qui restent ouverts. Les sites de production nécessitent de l'espace, et la proximité de plateformes logistiques adaptées (sites portuaires, autoroutes). Les contraintes liées aux transports sont déterminantes et incitent les fabricants à se rapprocher de leurs marchés et à ouvrir des unités de production proches des sites. La société LM Glasfiber, créée au Danemark en 1978, a ainsi ouvert des unités de production en Inde, en Espagne, en Allemagne, aux Etats-Unis, en Chine...

Par ailleurs, et sans doute de façon conjoncturelle, les capacités industrielles sont saturées ou en tension : il faut deux ans pour obtenir une machine, 8 mois au mieux, et des sous-traitances de capacité peuvent être recherchées. Il y a donc un créneau temporel favorable pour de nouveaux entrants.

La sous-traitance est possible pour les opérations d'installation, de réalisation des ouvrages de raccordement au réseau, la maintenance, le suivi des performances des machines et l'analyse des paramètres. Un parc expérimental peut permettre ponctuellement cette sous-traitance. Désormais, l'intérêt est de développer une véritable filière et les activités de services et industrielles qui vont l'accompagner.

### 1.2.2. Une place pour l'innovation

L'industrie des énergies marines est une activité nouvelle qui puisera ses ressources dans d'autres secteurs, comme l'éolien offshore l'a fait dans l'éolien terrestre depuis le début des années 90.

<sup>100</sup> Audition de M. Jean-Jacques LE NORMENT (Agence économique de Bretagne) le 10 juillet 2008.

Il y a tant de concepts différents pour l'exploitation des énergies marines que, malgré des avancées significatives, aucun arbitrage ne permet de dégager avec certitude les « bonnes » technologies, c'est-à-dire celles qui sont performantes en termes de production, solides et fiables, et acceptées socialement. Des ruptures technologiques sont attendues et une place existe pour l'innovation, notamment pour le développement de technologies qui seront spécifiques au milieu marin et qui sauront exploiter ses particularités. C'est d'ailleurs ce qui intéresse les industriels et, dans ce domaine, les ressources seront plutôt à chercher du côté de secteurs d'activités spécifiques comme l'offshore pétrolier, les services, la construction navale.

Dans ce créneau, la Bretagne possède des compétences et des savoir-faire qui peuvent être mobilisés. Aujourd'hui d'ailleurs, des acteurs industriels s'engagent en Bretagne en faveur du développement des énergies marines.

Tableau 11. Engagements d'acteurs économiques en Bretagne.

Société	Siège / implantation en Bretagne	Activités	Implication
EDF	Chatou / délégation Bretagne	Electricité	Site de démonstration Paimpol - Bréhat Projet Harvest IPANEMA Equimar
Areva	Paris	Energie nucléaire	Projet Searev
Powéo / Espace Eolien Développement	Paris Rennes	Electricité, gaz	Projet éolien offshore de la baie de Saint-Brieuc
Nass&Wind Offshore	Ploemeur	Eolien offshore	Projets éoliens offshore en baie de Saint-Brieuc et au large de Lorient Projet Winflo
DCNS	Paris / Brest / Lorient	Systèmes navals de défense	Projet Sabella Projet Winflo IPANEMA
Saipem s.a. / Sofresid engineering	Saint-Quentin en Yvelines / Brest / Lorient	Services pour l'industrie pétrolière et gazière	Projet Sabella Projet Winflo Projet Searev
HydroHelix Energies	Quimper	Systèmes hydrauliques et énergétiques	Projet Sabella
Dourmap	Brest / Quimper	Equipements et installations électriques	Projet Sabella
L'Aquafile	Landéda / Lyon	Technologies maritimes innovantes	Projet Hydro-Gen
Florian Madec Composites	Brest	Matériaux composites pour l'aéronautique et le naval	Projet Sabella
Enag	Quimper	Conversion d'énergie, électromécanique, électronique	Projet Sabella
Institut de la corrosion	Brest	Protection contre la corrosion	Projet Sabella Projet Diwet
Timolor	Lorient	Construction navale, industrie, équipement	Projet Diwet
Lorima	Lorient	Mâts carbone	Projet Diwet

### 1.3. Les marchés

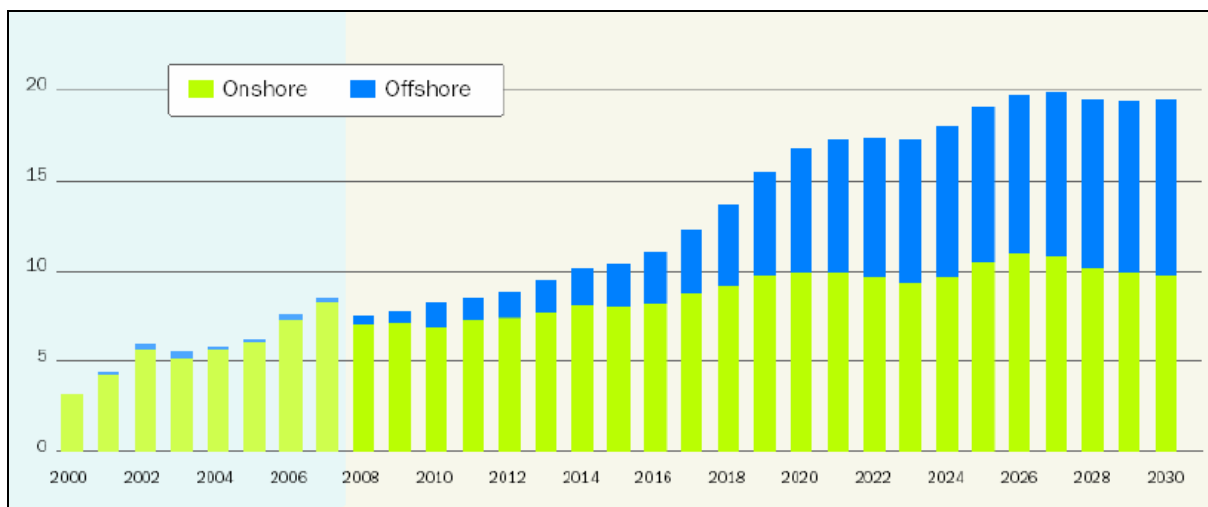
C'est l'existence d'un marché qui peut justifier des investissements de plusieurs millions d'euros. Or aujourd'hui, le marché des énergies marines est inexistant. Seul le marché de l'éolien offshore classique commence à exister.

Il est important de distinguer les pays développeurs (de technologies) des pays clients (qui ont des ressources exploitables). Les deux sont intimement liés aujourd'hui parce que les marchés sont plutôt restreints, mais cela ne saurait durer avec des marchés de plus en plus mondiaux.

#### 1.3.1. Eolien offshore : un marché en construction

Le marché de l'éolien offshore est encore presque une niche avec, au niveau mondial, un peu plus de 1 000 MW installés à la fin 2007<sup>101</sup> contre 93 000 MW terrestres. Il s'est développé autour de la mer du Nord essentiellement. Mais le développement attendu de ce marché le rend aussi important, à terme, que l'éolien terrestre en capacité installée, et donc supérieur en valeur.

Figure 55. Développement prévisible de l'éolien terrestre et de l'éolien offshore, en termes de capacités installées (GW).



Source : Druide Conseil, 2008.

L'EWEA (European Wind Energy Association) a étudié plusieurs scénarios de développement de l'éolien offshore en Europe, en se basant sur l'évolution des dernières années. Si le rythme de développement actuel se poursuit, et compte tenu des tensions sur le marché que cela pourrait provoquer, l'EWEA estime que 3 à 4 GW pourraient être installés en 2010, 10 à 15 GW en 2015 et 20 à 50 GW en 2020.

<sup>101</sup> 1 500 MW installés à la fin 2008.

Le marché annuel serait donc de 2 à 6 GW entre 2015 et 2020, et 5 à 10 GW entre 2020 et 2030. En s'appuyant sur le nombre de sites accessibles avec les technologies actuelles, on estime qu'il y aura un plafond vers 2025. En revanche, ce modèle ne prend pas en compte une possible rupture technologique qui ouvrirait d'autres perspectives.

Un article de presse récent s'intitule « *Le vrai marché du vent se trouve à terre* »<sup>102</sup>. C'est vrai aujourd'hui, d'autant plus que l'auteur de l'article est un haut responsable de Vestas qui a choisi de se concentrer sur le domaine terrestre. Mais le marché de l'éolien offshore attire aussi beaucoup de monde, et surtout les gros énergéticiens intéressés par des centrales (E.ON, RWE, British Energy...).

- Des annonces...

Depuis plusieurs années, plusieurs pays se lancent massivement dans le développement de l'éolien offshore, comme le Danemark historiquement ou le Royaume-Uni et l'Allemagne plus récemment. En janvier 2009, 25 parcs éoliens offshore étaient opérationnels en Europe, pour une puissance cumulée de 1 500 MW, répartis dans 6 pays : le Danemark, le Royaume-Uni, les Pays-Bas, la Suède, l'Irlande et la Belgique<sup>103</sup>.

Figure 56. Parcs éoliens offshore opérationnels (en noir) ou en projet pour 2008-2009 (en bleu).



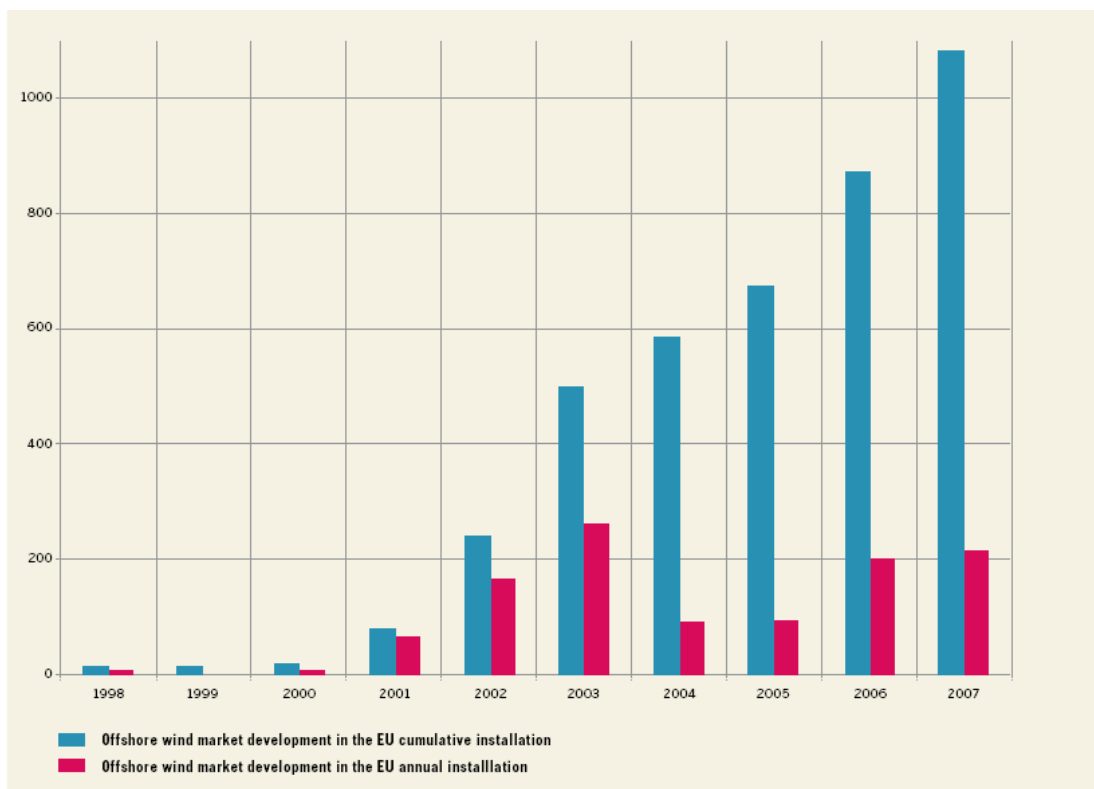
Source : EWEA, 2007.

Le développement des parcs éoliens offshore est resté anecdotique entre 1991 et 2000. Ce n'est qu'à partir des années 2001-2002 qu'il s'est réellement enclenché. Le Danemark a longtemps été leader, mais semble marquer une pause. Avec l'achèvement à l'automne d'un parc de 200 MW, le Royaume-Uni est devenu le premier producteur d'énergie éolienne offshore.

<sup>102</sup> Les Echos, 16-17 mai 2008. *Eolien* : « *Le vrai marché du vent se trouve à terre* ».

<sup>103</sup> EWEA, janvier 2009. *Offshore Statistics January 2009*.

Figure 57. Capacités annuelles et cumulées installées en Europe entre 1998 et 2007.



Source : EWEA.

C'est le plan d'actions pour l'énergie du Danemark (Energy 21) qui est le plan le plus ancien pour le développement de l'éolien offshore : publié en 1996, il prévoyait 4 000 MW en 2030<sup>104</sup>. Dix ans plus tard, seulement 426 MW sont installés.

Le gouvernement britannique considère l'éolien offshore comme le principal moyen d'atteindre les objectifs fixés au niveau européen pour la production d'énergies renouvelables. En décembre 2007, il a annoncé un plan ambitieux de développement de l'éolien offshore visant à atteindre l'installation de 33 GW (33 000 MW) en 2020<sup>105</sup>. Le Royaume-Uni est devenu, à la fin 2008, le leader mondial de l'éolien offshore avec 591 MW installés, 1 500 MW en construction et 6 800 MW planifiés.

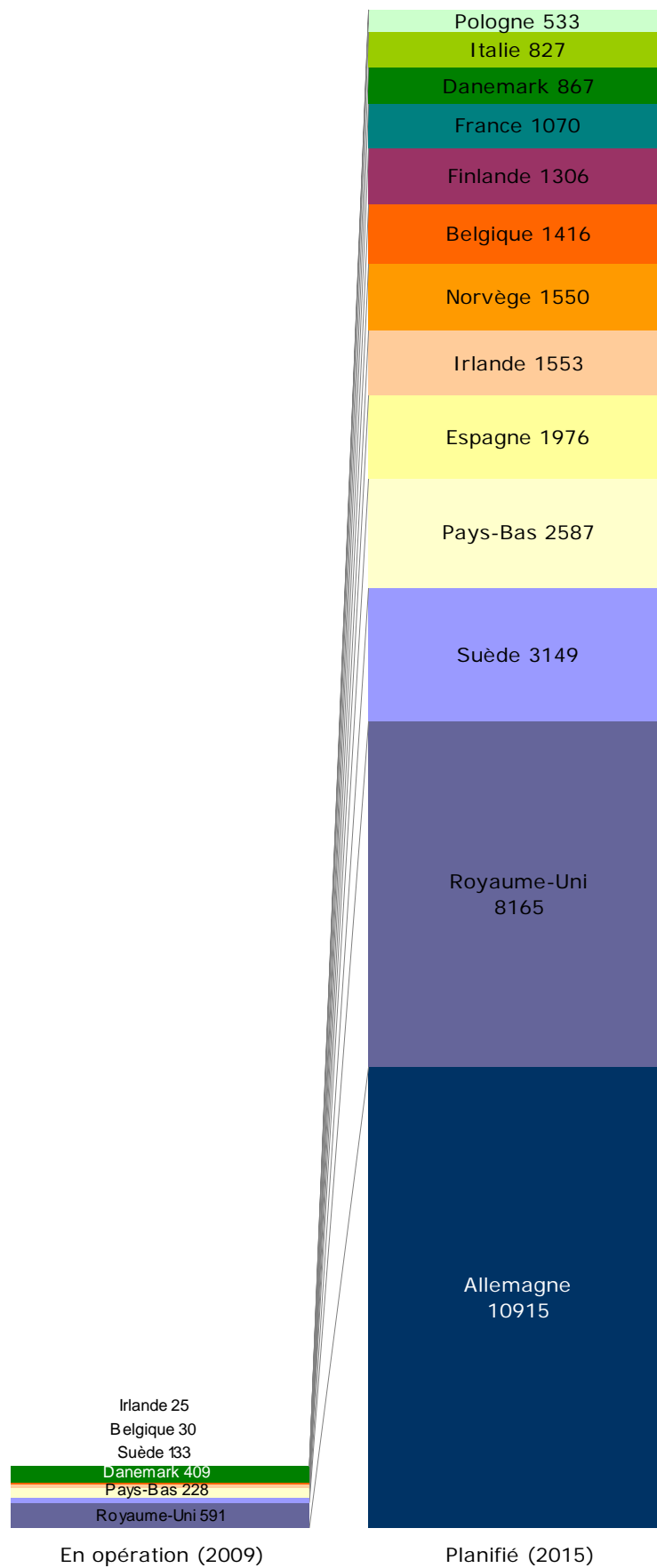
L'Allemagne, où le développement des énergies renouvelables est vu comme une véritable opportunité de développement économique, a de son côté présenté en 2008 un plan de développement de l'éolien offshore visant à installer 25 GW (25 000 MW) en 2030, en Mer du Nord et en Mer Baltique<sup>106</sup>. A ce jour, il n'y a encore aucun parc éolien offshore en Allemagne, mais près de 11 000 MW sont planifiés.

<sup>104</sup> Danish Energy Agency, avril 1996. *Energy 21 : The Danish Government's Action Plan for Energy*.

<sup>105</sup> BWEA, juillet 2008. *Actions for 33 GW. Actions to Facilitate the Delivery of Government's Offshore Wind Ambition of 33 GW*.

<sup>106</sup> Ambassade de France en Allemagne, 22 novembre 2007. *Etat de l'éolien en France et en Allemagne*.

Figure 58. Capacités installées en janvier 2009 et planifiées pour 2015 (MW).



Source : d'après EWEA, janvier 2009.

- ... et des effets d'annonce

A côté de ces annonces politiques, les annonces des constructeurs donnent également l'impression d'une course au gigantisme : le parc Horns Rev, au Danemark, est actuellement le plus grand parc éolien offshore du monde avec 160 MW installés. Cette dimension sera rapidement dépassée avec les records annoncés des parcs de Greater Gabbard, au Royaume-Uni, avec 500 MW ; Borkum (Allemagne) avec 750 MW ; London Array (Royaume-Uni), avec 1 000 MW ; Tromp (Pays-Bas) avec 1 150 MW ; Kriegers Flak (Allemagne et Danemark), avec 1 500 MW, ou encore un projet de 5 000 MW dans le Golfe du Maine... L'Allemagne, en particulier, annonce avoir planifié pour 2015 un nombre significatif de parcs de 400 MW, et plusieurs dépassant 600 MW<sup>107</sup>.

Dans le même temps, on apprend le désengagement de BP puis de Shell des projets éoliens offshore du Royaume-Uni<sup>108</sup>, les difficultés de l'Allemagne dans la construction de son premier parc offshore, différé à l'été 2009, ou encore les effets de la crise économique qui hypothèquent la poursuite de l'installation du premier parc belge<sup>109</sup>... Il y a donc toujours un décalage entre les annonces et la réalité. Il faudrait pouvoir aller voir, parc par parc, le niveau d'installation, car il faut au minimum entre 5 et 7 ans pour qu'un projet aboutisse. L'installation des premières éoliennes en Belgique s'est faite après 10 ans de montage du projet...<sup>110</sup>

L'éolien offshore classique est donc une technologie mature, et devrait se développer de façon significative dans les années à venir. Mais, en tant qu'activité nouvelle, elle génère des incertitudes dont il est important de bien prendre la mesure, notamment pour exprimer des délais de concrétisation qui soient réalistes.

En appui au plan de relance de l'Union européenne, la Commission a proposé un investissement supplémentaire de 3,5 milliards d'euros dans le secteur de l'énergie, sur les thèmes du piégeage et du stockage du carbone, de la production éolienne offshore, et des interconnexions gazières et électriques. Avec une enveloppe dédiée de 500 millions d'euros, l'Europe apportera ainsi son soutien à des projets en eaux profondes, et éloignés des côtes comme Baltic et Kriegers Flak en Mer Baltique, Alpha Ventus et Thorntonbank en Mer du Nord<sup>111</sup>.

### 1.3.2. Energie des vagues et des courants : un marché inexistant, des annonces plus timides

Les annonces de projets hydroliens ou houlomoteurs se font plus discrètes. Toutefois, certains pays comme le Royaume-Uni, l'Irlande ou la Norvège ont affirmé des politiques volontaristes de soutien à la R&D dans ce domaine, et sont aujourd'hui en avance dans le développement technologique.

---

<sup>107</sup> EWEA, janvier 2009. *Offshore Statistics January 2009*.

<sup>108</sup> Les Echos, 6 mai 2008. *Un projet éolien majeur menacé par le retrait de Shell*.

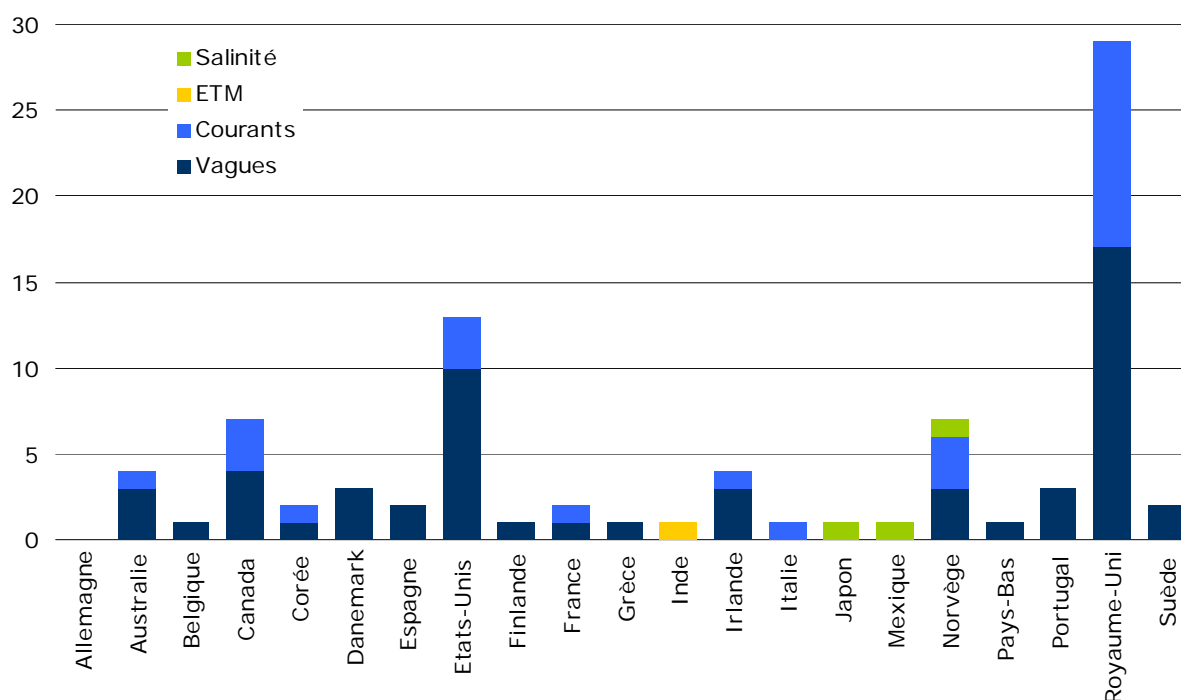
<sup>109</sup> Trends.be, 12 novembre 2008. *Plus d'argent pour les 30 éoliennes de la mer du Nord*.

<sup>110</sup> Le Marin, 23 mai 2008. *Construction d'une méga ferme éolienne au large de Zeebrugge*.

<sup>111</sup> Commission européenne, communication du 28 janvier 2009.

C'est le Royaume-Uni qui est le plus actif dans le développement de ces énergies marines, notamment en Ecosse et en Cornouailles. Il arrive largement en tête devant les autres pays en nombre de technologies en développement, avec une feuille de route qui prévoit un objectif de 2 000 MW installés en 2020, soit un doublement de la capacité installée chaque année<sup>112</sup>. Cela représente un marché important, et de nouveaux concepts devraient mener à de véritables ruptures technologiques<sup>113</sup>.

Figure 59. Nombre de projets en développement en 2006 par type et par pays.



Source : IEA-OES, 2006.

L'Espagne s'est récemment positionnée dans l'exploitation des énergies marines en Mer Cantabrique, en annonçant un objectif modeste de 10 MW en 2014, puis de 300 à 500 MW en 2020. Le Pays Basque et la Cantabrie souhaitent tester les prototypes existants pour en sélectionner quelques-uns en vue d'une production industrielle<sup>114</sup>.

### 1.3.3. Algo-carburants : des annonces à la mesure des enjeux pétroliers

Sans doute parce qu'ils sont une possible alternative au pétrole, les algo-carburants font l'objet d'annonces chiffrées en dizaines de millions de dollars. Il est d'ailleurs difficile de connaître précisément le degré d'avancement des différents projets existant dans le monde tant les effets d'annonce sont monnaie courante<sup>115</sup>.

<sup>112</sup> UK Energy Research Center, *Marine Renewable Energy Technology Roadmap*.

<sup>113</sup> Audition de MM. Cyrille ABONNEL et Philippe GUILLAUMEUX (EDF) le 15 mai 2008.

<sup>114</sup> Ambassade de France en Espagne, janvier 2009. *Energies renouvelables : les atouts espagnols*.

<sup>115</sup> Le blog des énergies de la mer <http://energiesdelamer.blogspot.com>



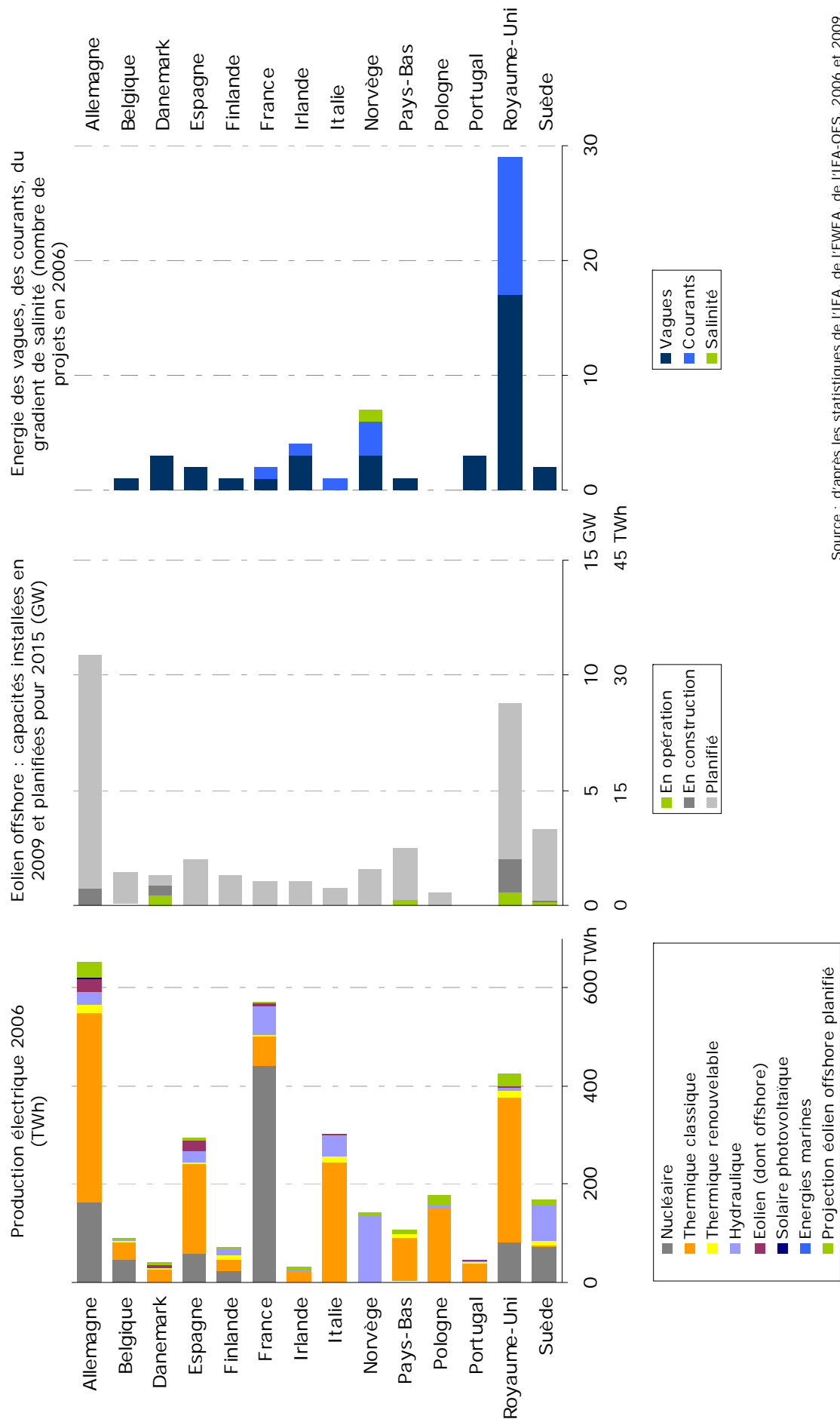
#### 1.3.4. Des politiques énergétiques variées en Europe

Les pays européens qui se lancent aujourd'hui dans le développement des énergies marines ont des profils variés. L'Allemagne qui semble se spécialiser sur l'éolien offshore, et le Royaume-Uni qui investit dans l'ensemble des énergies marines, sont tous les deux de gros producteurs d'électricité, avec une production majoritairement d'origine thermique classique (charbon, gaz, pétrole).

L'Espagne et l'Italie, qui ont des profils similaires, n'investissent que peu dans les énergies marines. Mais ils ont tous deux des ressources énergétiques limitées et s'intéressent plus à l'énergie éolienne terrestre et à l'énergie solaire.

La France, qui est le deuxième producteur européen d'électricité derrière l'Allemagne, a un profil énergétique spécifique du fait de sa production électrique essentiellement d'origine nucléaire, et s'investit encore peu dans le développement des énergies marines alors qu'elle dispose d'une bonne ressource.

Figure 60. Comparaison des profils de plusieurs pays d'Europe et de leurs engagements dans les énergies marines.



Source : d'après les statistiques de l'IEA, de l'EWEA, de l'IEA-OES, 2006 et 2009.

### 1.3.5. Waveplam : un projet européen centré sur les marchés

L'objectif du projet européen Waveplam (Wave Energy Planning and Marketing) est de développer des outils et d'établir des méthodes et des standards pour accélérer l'introduction des énergies marines sur le marché européen des énergies renouvelables. C'est le premier projet européen, dans le domaine des énergies marines, qui soit centré sur les marchés. Il est financé dans le cadre du 6<sup>ème</sup> PCRD et regroupe des partenaires de plusieurs pays européens engagés dans le développement de l'énergie des vagues.

## 1.4. Risques et marchés financiers

L'émergence des énergies marines suppose une prise de risques non négligeable pour un grand nombre d'acteurs, et en particulier pour les investisseurs. Les effets d'annonce et l'incertitude sur les marchés ne font que renforcer ce risque. La réalisation d'un projet au stade industriel se chiffre en effet en centaines de millions d'euros, et celle d'un prototype ou d'un parc de démonstration en dizaines de millions d'euros. Si les premiers permettent d'espérer la rentabilité financière, et donc le retour sur investissement, ce n'est pas le cas des seconds.

L'investissement socialement responsable (ISR) est fondé sur la conviction que la prise en compte de facteurs environnementaux, sociaux et de gouvernance, en plus des facteurs strictement financiers, assure la performance financière des sommes investies à moyen et long termes compte tenu d'une meilleure appréhension des risques. Il peut prendre plusieurs formes :

- les fonds ISR ou de développement durable, constitués d'actions ou d'obligations répondant à une double sélection, financière et extra-financière ;
- les fonds d'exclusion, plus répandus dans les pays anglo-saxons, qui excluent, pour des raisons morales ou religieuses, certains secteurs comme l'armement, le jeu, ou le tabac ;
- l'engagement actionnarial qui consiste, pour les investisseurs, à exiger des entreprises une politique de responsabilité sociale et environnementale plus forte via un dialogue direct avec les actionnaires ;
- les fonds thématiques, investis dans des entreprises dont l'activité contribue au développement durable au sens large : production d'énergie renouvelable, efficacité énergétique, gestion de l'eau, déchets ou santé<sup>116</sup>.

C'est à travers le portefeuille ISR que les investisseurs regardent le monde de la mer. Mais selon Jean-Michel MAINGAIN, Directeur général de Federal Finance, le marché des énergies marines est encore trop limité, trop expérimental et trop risqué pour les investisseurs, avec des retours sur investissement très insuffisants pour leurs portefeuilles<sup>117</sup>. Seuls les marchés de l'éolien offshore et de la désalinisation commencent à les intéresser. Federal Finance, qui a lancé en 2008 un fonds

---

<sup>116</sup> Novethic.

<sup>117</sup> Intervention de M. Jean-Michel MAINGAIN, Directeur général de Federal Finance, aux entretiens Science et éthique les 18 et 19 octobre 2007 à Brest.

thématique « Planète bleue » consacré aux énergies renouvelables, à l'eau et aux déchets, est cependant devenu partenaire du blog sur les énergies de la mer, s'assurant ainsi une veille internationale quotidienne sur la recherche, le développement, les entreprises et les technologies dédiées aux énergies renouvelables en mer<sup>118</sup>.

Dans un premier temps, c'est donc plutôt vers les sociétés de capital-risque que l'on devrait se tourner. Ces sociétés investissent au capital d'entreprises au moment de leur création et pendant les premières années de leur développement, de façon à dégager une plus-value sur le moyen terme par la revente de ces entreprises. Parmi les investissements réalisés par les sociétés de capital-risque, les investissements dans les éco-activités sont en nette progression depuis le premier semestre 2007<sup>119</sup>. L'indicateur Chausson Finance, qui recense les investissements réalisés chaque semestre dans le domaine des nouvelles technologies, fait état de 6 entreprises financées au premier semestre 2007, principalement dans les énergies renouvelables, de 27 au deuxième semestre 2007 et de 44 au premier semestre 2008, pour un montant de 67 millions d'euros sur 18 fonds de capital-risque<sup>120</sup>. Aux Etats-Unis, 1,5 milliards de dollars auraient été investis dans les éco-activités en 2006, un chiffre du même ordre de grandeur que celui des investissements dans les technologies de l'information et de la communication (TIC) en 1996<sup>121</sup>.

Un rapport publié par le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) le 1<sup>er</sup> juillet 2008 a montré qu'avec la fin du pétrole bon marché, les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique attiraient de plus en plus l'intérêt des investisseurs. Ainsi, 148 milliards de dollars ont été investis dans les énergies renouvelables en 2007 au niveau mondial, soit une augmentation de 60% par rapport à l'année précédente, en dépit de l'instabilité des marchés. C'est l'énergie éolienne qui a attiré le plus d'investissements (50 milliards de dollars). La plupart des nouveaux fonds ont été investis en Europe, puis aux Etats-Unis, mais la Chine, l'Inde et le Brésil attirent de plus en plus l'intérêt des investisseurs. Les investissements pourraient atteindre 450 milliards de dollars par an d'ici 2011, et 600 milliards d'ici 2020<sup>122</sup>.

Malgré la crise, les investissements dans les éco-activités devraient se poursuivre en 2009, selon les prévisions de la National Venture Capital Association (NVCA) rapportées dans un article de la Tribune de janvier 2009. Mais s'ils semblent quelque peu épargnés par la crise, les fonds de capital-risque devraient, toujours selon cet article, privilégier des projets moins capitalistiques tels que l'efficacité énergétique, les réseaux intelligents de distribution d'énergie, la gestion de l'eau ou le recyclage, au détriment des énergies renouvelables. Les investisseurs devraient se concentrer sur les entreprises les plus prometteuses. Dans ce contexte, les grands groupes de l'énergie joueront un rôle important de partenaires financiers<sup>123</sup>.

---

<sup>118</sup> Federal Finance, 3B conseils, communiqué de presse du 21 août 2008.

<sup>119</sup> Voir, à ce sujet, l'étude du CESR sur les éco-activités à paraître en juin 2009.

<sup>120</sup> L'indicateur Chausson Finance, 2007 et 2008.

<sup>121</sup> Le Monde, 19 novembre 2007. *Les investisseurs parient sur les petites entreprises éco-technologiques.*

<sup>122</sup> PNUE, 1<sup>er</sup> juillet 2008. *Les investissements dans l'énergie propre augmentent malgré l'instabilité des marchés financiers.*

<sup>123</sup> La Tribune, 6 janvier 2009. *Investissements en hausse pour les valeurs vertes en 2009.*

D'ailleurs, les grands groupes pétroliers ont amorcé un virage vers les énergies renouvelables : BP, dès 2005, a créé une branche dédiée aux énergies alternatives suivi par Shell dans les domaines de l'éolien, du solaire, des biocarburants, de l'hydrogène, puis Total sur le solaire photovoltaïque et la biomasse<sup>124</sup>... Du côté des acteurs du nucléaire, Areva développe une offre en énergies renouvelables à côté de la relance du nucléaire, et EDF, via sa filiale EDF Energies nouvelles, marque également son engagement dans les énergies renouvelables.

Dans une interview donnée à Usine Nouvelle, Olivier Dupont, directeur de la société Demeter, spécialiste du capital-investissement dans les éco-activités, indique que ces dernières sont effectivement peu affectées par la crise, mais que les entreprises concernées devraient connaître des difficultés pour financer leurs projets, et que cela se fera à des taux d'intérêt plus élevés. Les difficultés de trésorerie obligeront également les sociétés de capital-risque à refinancer les entreprises et à investir d'autant moins dans de nouvelles participations<sup>125</sup>.

## 2. Les emplois et les métiers des énergies marines

### 2.1. Le marché de l'emploi

Les métiers et les formations dans le domaine des énergies renouvelables font depuis quelques années l'objet d'une redéfinition, et semblent aujourd'hui mieux pris en compte dans les statistiques de l'emploi. L'ADEME a publié, en juillet 2008, une étude sur les marchés et les emplois des activités liées à l'efficacité énergétique et aux énergies renouvelables. Elle dresse un tableau de bord des marchés et de l'emploi en 2006-2007 et donne des perspectives pour 2012. Afin de contribuer à la mise en œuvre des mesures du Grenelle de l'environnement et de vérifier leur efficacité, l'ADEME s'engage à actualiser régulièrement ce tableau de bord. On apprend néanmoins, dès l'introduction, que « *l'étude couvre l'ensemble des systèmes de production d'énergie d'origine renouvelable, à l'exception de la grande hydraulique et des différentes formes d'énergie des mers* »<sup>126</sup>, ce qui s'avère très regrettable, même si on en comprend les raisons.

En l'état actuel du développement des énergies marines en France, il n'est bien sûr pas possible de dénombrer les emplois liés à ce secteur. Seules des estimations *a priori* peuvent être données, et sont à mettre en lien avec les emplois créés par l'exploitation des autres énergies renouvelables, et l'éolien terrestre en particulier.

---

<sup>124</sup> Les Echos, 24 avril 2008. *Total sur la piste des énergies du futur.*

<sup>125</sup> Usine nouvelle, 27 octobre 2008. *Le financement de projet, dans les éco-industries, c'est le nerf de la guerre.*

<sup>126</sup> ADEME, juillet 2008. *Marchés, emplois et enjeu énergétique des activités liées à l'efficacité énergétique et aux énergies renouvelables : situation 2006-2007 et perspectives 2012.*

### 2.1.1. Les emplois du secteur éolien

Le secteur des énergies renouvelables représentait 53 200 emplois directs en France en 2007 et pourrait atteindre 120 000 emplois en 2012. Dans ce bouquet, la filière éolienne comptait 7 400 emplois directs en 2007, et pourrait en compter 16 100 en 2012. Ces emplois concernent soit l'équipement (composants, installation des machines), soit la vente d'énergie<sup>127</sup>. Selon le Syndicat des énergies renouvelables, si les objectifs de production d'énergie éolienne fixés à l'horizon 2020 sont atteints, la filière éolienne pourrait alors compter 60 000 emplois<sup>128</sup>.

Dans un rapport de janvier 2009, l'EWEA estime que le secteur éolien emploie 108 600 personnes en Europe, et 154 000 si l'on y inclut les emplois indirects. Les constructeurs d'éoliennes représentent 37% des emplois directs, suivis des fabricants de composants (22%), des développeurs de projets (16%) et des opérations d'installation et de maintenance (11%). Trois emplois sur quatre sont créés dans les pays pionniers de l'éolien terrestre : l'Allemagne (38 000 emplois directs), le Danemark (23 500 emplois directs) et l'Espagne (20 500 emplois directs). Le nombre d'emplois générés par le secteur éolien devrait plus que doubler à l'horizon 2020 pour atteindre 330 000 emplois, et 375 000 en 2030<sup>129</sup>.

### 2.1.2. Des emplois promis dans l'éolien offshore

L'activité liée à l'installation d'un parc est plus importante avec l'éolien offshore qu'avec l'éolien terrestre, puisque l'on y installe de nombreuses unités. Cet effet de masse justifie, à lui seul, la création d'un certain nombre d'emplois.

Sur les 154 000 emplois recensés par l'EWEA en 2007, 2 800 relèvent du secteur offshore, soit à peine 2%. Cette proportion devrait augmenter très sensiblement dans les années à venir, en lien avec la progression attendue du marché de l'offshore. L'EWEA estime qu'à partir de 2025, le nombre d'emplois générés par le secteur éolien offshore devrait dépasser celui du secteur éolien terrestre, pour atteindre 215 000 emplois sur les 375 000 emplois estimés en 2030<sup>130</sup>.

---

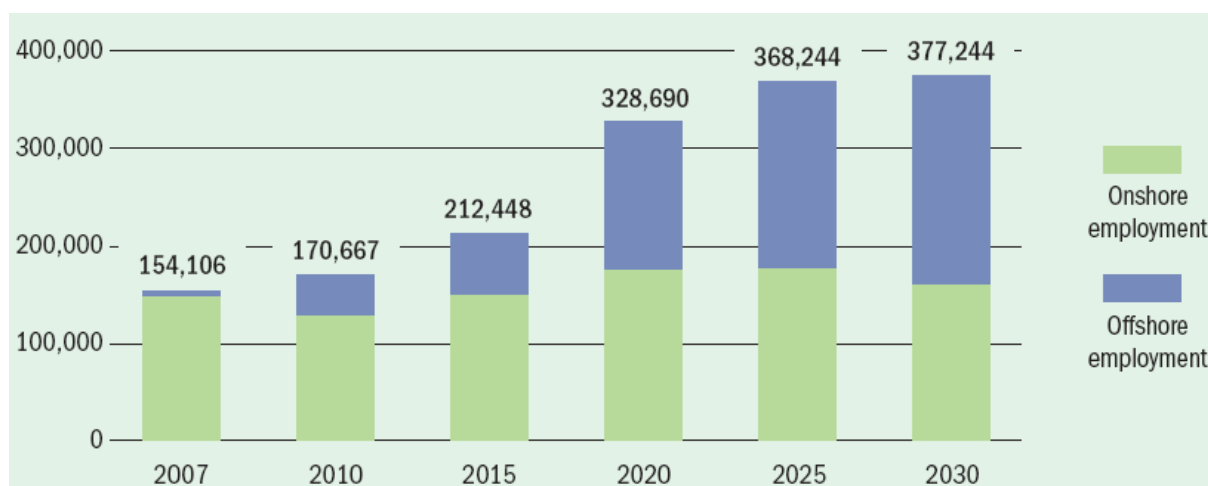
<sup>127</sup> ADEME, juillet 2008. *Marchés, emplois et enjeu énergétique des activités liées à l'efficacité énergétique et aux énergies renouvelables : situation 2006-2007 et perspectives 2012.*

<sup>128</sup> Syndicat des énergies renouvelables.

<sup>129</sup> EWEA, janvier 2009. *Wind at work. Wind energy and job creation in the EU.*

<sup>130</sup> *Ibid.*

Figure 61. Nombre d'emplois générés par le secteur éolien terrestre (en vert) et offshore (en bleu).



Source : EWEA, 2009.

Le parc du Thorntonbank, en Belgique, a mobilisé 150 personnes pendant un an pour la construction des 6 fondations gravitaires de la première tranche installée, puis deux équipes de 30 personnes pendant 1,5 mois pour l'assemblage des 6 éoliennes. La maintenance devrait mobiliser un emploi par éolienne, pour une inspection continue des câbles et des fondations. La télégestion de la production électrique nécessite une personne en continu, et donc la création d'environ 6 emplois<sup>131</sup>.

Un développeur français estime que la création d'emplois, pour un parc de 50 à 60 éoliennes, pourrait être de :

- 10 emplois pour la phase de développement et les études préliminaires ;
- 50 emplois pendant 2 ans pour la construction :
  - 10 emplois pour les fondations ;
  - 10 emplois pour l'atterrage et le génie civil ;
  - 10 emplois pour le câblage et les réseaux ;
  - 5 emplois dans les bureaux d'étude locaux ;
  - 5 emplois pour les études ;
  - 10 emplois dans les effets indirects ;
- 30 emplois pendant 20 ans pour l'exploitation :
  - 10 emplois pour la surveillance et la prévision ;
  - 4 emplois pour la maintenance ;
  - 6 emplois dans le tourisme lié au parc ;
  - 5 emplois dans la plaisance ;
  - 5 emplois dans les effets indirects<sup>132</sup>.

Pour le projet de Powéo en baie de Saint-Brieuc, on estime que la phase d'études pourrait mobiliser 8 personnes pendant 2 ans, le montage 20 personnes pendant 6

<sup>131</sup> D'après la visite organisée par le Conseil régional de Bretagne à Ostende le 24 octobre 2008.

<sup>132</sup> Audition de MM. Frédéric LANOË, Pierre PEYSSON et Mme Julie BONGARD (WPD Offshore) le 29 mai 2008.

mois, l'exploitation 16 personnes pendant 20 ans (deux équipes de maintenance de 6 personnes, 4 personnes à terre)<sup>133</sup>.

Ces chiffres sont bien évidemment variables d'un projet à l'autre. Le nombre d'emplois générés par la phase d'installation, par exemple, dépend des conditions météorologiques, de la disponibilité des barges, etc. Le nombre d'emplois créés pour la construction dépend, quant à lui, du type de fondations, etc.

### 2.1.3. Un enjeu : la pérennité des emplois

L'estimation du nombre d'emplois générés par le secteur éolien est rendue difficile du fait de la distinction qui s'impose entre construction et maintenance. En effet, le nombre d'emplois générés par la construction des éoliennes est à mettre en rapport avec les capacités nouvellement installées pendant l'année (puissance annuelle), tandis que les emplois liés à l'exploitation et à la maintenance sont fonction de l'ensemble des machines installées (puissance cumulée).

L'EWEA estime ainsi que 15,1 emplois sont créés pour chaque MW nouvellement installé (construction et installation), et que 0,4 emplois sont créés pour la maintenance d'un MW. Les projections à l'horizon 2030 font baisser ces chiffres respectivement à 11 et 0,3 emplois/MW<sup>134</sup>.

ACCIONA estime que les besoins de l'éolien offshore sont de :

- 10 emplois par MW installé pour la phase de construction ;
- 0,2 à 0,5 emplois par MW installé en phase d'exploitation<sup>135</sup>.

Ces chiffres sont en deçà des chiffres donnés pour le secteur éolien terrestre par l'EWEA, qui estimait pourtant que l'offshore générerait plus d'emplois. Les premiers retours d'expériences de construction et d'exploitation de parcs éoliens offshore permettront d'estimer plus concrètement les emplois générés dans ce domaine.

Si l'on reprend les chiffres fournis par ACCIONA et l'EWEA, installer les 1000 MW d'éolien offshore annoncés dans le plan Energie pour la Bretagne créerait de 10 000 à 15 000 emplois temporaires pour la construction, et 200 à 500 emplois pour l'exploitation et la maintenance.

On mesure bien ici l'importance de la pérennité des emplois. Sur un projet donné, c'est la construction qui génère le plus d'emplois, mais sur une courte durée, tandis que la maintenance génère peu d'emplois, mais sur du long terme. Seule la création d'une véritable filière industrielle, capable de se projeter à l'export, peut générer un nombre d'emplois significatif.

---

<sup>133</sup> Audition de MM. Alain DAHER et Louis GUILLEMOT (CCI des Côtes d'Armor) le 12 juin 2008.

<sup>134</sup> EWEA, janvier 2009. *Wind at work. Wind energy and job creation in the EU.*

<sup>135</sup> Druide Conseil, 2008.



La création d'une filière industrielle autour de l'éolien flottant, telle qu'envisagée dans le projet Winflo, pourrait à terme créer 1 000 emplois pour 100 éoliennes flottantes produites chaque année<sup>136</sup>.

#### 2.1.4. Les emplois créés par l'exploitation de l'énergie des vagues et des courants

Il existe encore moins de données pour l'exploitation de l'énergie des vagues et des courants, mais le nombre d'emplois devrait être du même ordre de grandeur que pour l'éolien offshore. En Ecosse, on estime que, pour atteindre l'objectif de 10% de sa production d'électricité venant des énergies marines (vagues et courants), il faudrait créer 7 000 emplois.

A Paimpol-Bréhat, EDF souhaite impliquer les industriels bretons dans la constitution d'une filière et considère que la phase d'installation de 40 à 60 hydroliennes (de l'ordre du MW) pourrait créer 150 emplois<sup>137</sup>.

## 2.2. Du projet à la filière, un possible ancrage local

### 2.2.1. Le besoin d'une large palette de compétences

Le développement des énergies marines s'appuie sur un ensemble de métiers très variés, qui vont au-delà de la construction, de l'installation et de l'exploitation des machines. C'est l'environnement du projet qu'il faut intégrer dans sa totalité. La liste qui suit est donc sans doute incomplète, mais on peut déjà évoquer les spécialités suivantes :

- Etudes préliminaires
  - Météorologie
  - Energétique
  - Géologie
  - Géomorphologie et sédimentologie
  - Hydrologie
  - Océanographie opérationnelle
  - Biologie et halieutique
  - Géographie
  - Cartographie
  - Environnement
  - Economie et gestion
  - Droit
  - Sciences humaines et sociales
- Conception / ingénierie
  - Modélisation

---

<sup>136</sup> Contribution de M. Stéphane JEDREC (Nass&Wind Offshore) le 20 février 2009.

<sup>137</sup> Audition de MM. Cyrille ABONNEL et Philippe GUILLAUMEUX (EDF) le 15 mai 2008.

- Matériaux
- Physique
- Mécanique
- Hydraulique
- Electricité
- Electronique
- Informatique
- Acoustique
- Construction / installation
  - Génie civil
  - Chaudronnerie
  - Composites
  - Electronique
  - Transport
  - Services (navires spécialisés)
  - Sécurité maritime
- Exploitation
  - Suivi, contrôle
  - Certification
  - TIC
  - Maintenance
  - Services (navires spécialisés)
  - Sécurité maritime
- Démantèlement
  - Services
  - Traitement des déchets
  - Environnement
  - Droit
  - Concertation
- Financement
  - Banques
  - Assurances
- Formation
  - Formation initiale
  - Formation continue
- Communication / publicité
- Tourisme
- ...

On a vu que, pour l'éolien offshore, les fabricants d'éoliennes sous-traitent peu et que le marché est relativement difficile à pénétrer ; la liste ci-dessus montre bien, néanmoins, les potentialités qu'offre le développement des énergies marines en termes d'emplois locaux, directs et indirects.

Une étude de l'ADEME sur l'éolien terrestre a montré qu'en associant les PME locales (industries électriques ou électroniques, construction, mécanique, BTP) au développement de l'éolien, 62% de l'investissement d'une centrale pouvait revenir

au bassin d'accueil. En chiffres, cela signifie qu'un programme de 100 MW représente 62 millions d'euros pour l'économie locale<sup>138</sup>.

Les impacts touristiques du développement des énergies marines en termes d'emplois restent à jauger. Ils seront *a priori* nuls pour les technologies totalement immergées comme les hydroliennes. C'est sans doute sur les parcs éoliens offshore que pourrait le plus se développer une activité touristique (visite du parc, expositions sur les énergies marines). Cette curiosité des touristes peut se comprendre pour le premier ou les premiers parcs, mais il n'est pas certain qu'elle se pérennisera sur d'autres parcs.

Il en est de même pour le tourisme scientifique ou le tourisme industriel. Les premiers parcs jouent un rôle de démonstration et attirent la curiosité des scientifiques ou des industriels, voire d'un public plus large. Le porteur du premier parc éolien offshore de Belgique, par exemple, utilise ce projet pour communiquer sur l'éolien offshore, et a conçu, dans le bâtiment qui servira au suivi du parc pendant toute son exploitation, un espace de conférence. Des excursions sur le site pourraient également être organisées.

### 2.2.2. Des compétences en Bretagne, depuis l'amont jusqu'à l'aval

La filière des énergies marines reste à construire, mais, d'un point de vue technologique, son cœur de métier résidera très probablement dans l'assemblage de technologies existantes éprouvées par ailleurs. C'est pourquoi il est fondamental d'identifier les savoir-faire qui pourront être mobilisés sur cette filière mais qui sont aujourd'hui appliqués à d'autres secteurs, maritimes ou non. Ces savoir-faire sont un atout certain pour les régions qui sauront les valoriser.

La Bretagne possède ainsi des compétences reconnues dans la construction et l'ingénierie navale, la conception et la fourniture d'équipements, l'intégration de systèmes embarqués. Le croisement des activités maritimes avec les autres secteurs d'activités bretons offre également des atouts que n'ont pas d'autres régions, notamment dans le domaine des capteurs et de l'instrumentation.

Cette industrie s'est considérablement transformée et possède une capacité d'ingénierie et de projection à l'exportation. Au-delà de la production d'énergies marines en Bretagne, l'enjeu réside bien dans la constitution d'une véritable filière industrielle, créant un gisement d'emplois pérennes sur le littoral, et pouvant devenir un moteur de l'économie maritime bretonne.

A côté du secteur industriel, les sociétés de services se sont fortement développées, avec la maintenance, la surveillance maritime aéroportée et sous-marine, les prévisions météorologiques, la connaissance du milieu marin... La Bretagne a sans aucun doute une carte à jouer dans ce secteur des services liés aux énergies marines : si les machines peuvent être importées, les services, eux, ne peuvent pas

---

<sup>138</sup> Syndicat des énergies renouvelable, France Energie Eolienne.

l'être. La maintenance, notamment, deviendra un nouveau gisement d'emplois sur le littoral, et ceci d'autant plus que les projets seront acceptés et portés localement. A ce titre, par la connaissance qu'ils ont du milieu et leur pratique quotidienne de la mer, les pêcheurs semblent bien placés pour répondre à ce besoin de nouveaux métiers liés à la maintenance.

Par ailleurs, la recherche en océanographie, en halieutique, en économie et droit de la mer, place la Bretagne dans les premiers rangs des régions françaises, voire européennes. Là encore, ces forces exceptionnelles en recherche, développement et innovation doivent être vues comme un atout pour le développement d'une filière énergies marines en Bretagne.

### 2.2.3. Un ancrage local souhaité par les porteurs de projets

Les porteurs de projets recherchent tous un ancrage local, de façon à conforter leur légitimité à investir un territoire et un champ d'activité nouveaux.

Powéo, par exemple, indique que les fondations et les mâts des éoliennes pourraient être construits en Bretagne<sup>139</sup>. La Sema, à Saint-Brieuc, construit des mâts. Mais c'est une entreprise relativement petite, qui n'a sans doute pas les moyens de produire plus qu'elle ne le fait aujourd'hui<sup>140</sup>.

Pour son projet de démonstration de Paimpol-Bréhat, la délégation régionale d'EDF voudrait impliquer les industriels bretons dans la constitution d'une filière<sup>141</sup>. Si la turbine OpenHydro est importée, les fondations pourraient, elles, être construites sur place. Mais cela dépendra des résultats des démonstrateurs et cette filière ne verra pas le jour avant 2015.

A moyen terme également, une filière industrielle pourrait être créée autour du projet d'éolienne flottante Winflo dès sa validation annoncée pour 2011<sup>142</sup>.

Pour d'autres projets moins matures et portés par de plus petits consortiums, comme Searev ou Sabella, les porteurs de projet cherchent également à s'entourer de partenaires industriels locaux.

## 2.3. Des besoins et des formations à définir

Afin de répondre aux besoins des industriels, le programme européen Windskill (2006-2009) vise à construire un réseau de compétences dans le domaine de l'éolien, à définir une qualification européenne en installation et en maintenance, tant

---

<sup>139</sup> Audition de MM. Christophe JURCZAK et Grégoire DURAND (Powéo/EED) le 10 avril 2008.

<sup>140</sup> Audition de M. Jean-Jacques LE NORMENT (Agence économique de Bretagne) le 10 juillet 2008.

<sup>141</sup> Audition de MM. Cyrille ABONNEL et Philippe GUILLAUMEUX (EDF) le 15 mai 2008.

<sup>142</sup> Contribution de M. Stéphane JEDREC (Nass&Wind Offshore) le 20 février 2009.

dans l'éolien terrestre que dans l'éolien offshore. Le projet regroupe des partenaires français, allemands, italiens et néerlandais<sup>143</sup>.

Contrairement au Royaume-Uni où une école spécialisée a vu le jour, il n'existe pas en France, faute de marché, de formation spécifique aux énergies marines. Il faut donc regarder du côté des formations en énergies renouvelables, qui se développent, des formations au secteur de l'offshore pétrolier, ainsi que des formations dans toutes les spécialités citées ci-dessus qui pourraient avoir une application ou une connotation « Energies marines ».

Les lycées maritimes pourront jouer un rôle important dans la création de nouveaux métiers. Pour son projet de Paimpol-Bréhat, EDF a évoqué la possibilité de former les techniciens pour l'installation des hydroliennes au lycée maritime de Paimpol, avec la mise en place d'un bac professionnel et le développement de la formation continue comprenant une spécialisation sur la maintenance. EDF devrait d'ailleurs verser une partie de sa taxe d'apprentissage au lycée maritime de Paimpol<sup>144</sup>.

L'enseignement supérieur doit également être mobilisé. Certes, le Pôle Mer a soutenu la création d'une licence professionnelle, pleine d'avenir, à l'IUT de Lannion, mais, dans l'ensemble, les formations spécialisées restent embryonnaires, en marge des grandes disciplines classiques. Or des perspectives existent à tous les niveaux (licences professionnelles, masters et doctorats).

L'IUT de Lannion a donc mis en place à la rentrée 2008 une licence professionnelle visant à former des cadres techniques en « Instrumentation pour l'exploration et l'exploitation pétrolières ». Certains contenus de cette licence pourraient concerner les énergies marines : acoustique, mécanique, matériaux, électrotechnique, électronique de puissance, automatismes, mécanique des fluides mais aussi conduite de projet, droit, logistique, management.

L'Ecole navale, en lien avec les Arts et métiers, propose un master spécialisé offshore « Equipements industriels navals », qui vise à former des futurs responsables et chefs de projets capables de concevoir, de réaliser et d'exploiter des installations offshore dans le secteur pétrolier et gazier. Les compétences développées dans cette formation, telles que le génie océanique (états de mer, météorologie), l'hydrodynamique (ancrages, stabilité des structures, tenue à la mer, modélisation), les systèmes d'exploitation des océans, le calcul des structures (matériaux, dimensionnement, fatigue), l'instrumentation, la gestion des risques, la gestion de projet, pourraient tout à fait s'appliquer aux énergies marines. Seule une courte initiation à la ressource énergétique marine figure aujourd'hui dans le programme, mais ce master pourrait, à terme, s'ouvrir plus largement aux énergies marines.

---

<sup>143</sup> [www.windskill.eu](http://www.windskill.eu)

<sup>144</sup> Audition de M. Yannick HEMEURY et de Mme Laure ROBIGO (CLP Lannion-Paimpol) le 12 juin 2008.

La création de nouvelles filières de formation, liées à un domaine émergent, doit en résumé relever trois défis :

- l'adéquation entre la formation et l'emploi : il faut créer ces filières à temps pour répondre aux besoins de l'industrie. Trop tôt, les débouchés ne seraient pas assurés ; trop tard, le créneau serait perdu ;
- la pérennité des formations, en lien avec celle des emplois ;
- la formation des formateurs : il faut recruter des personnes capables d'enseigner ces nouvelles matières. Aujourd'hui, cela pose problème. Des solutions à la fois créatives et prises en charge collectivement s'imposent.

C'est donc d'une politique d'ensemble qu'il s'agit.