



La Centrale **éolienne** de Mardyck



TOTAL

La centrale éolienne de Mardyck, **référence et projet pilote**

Sur le site de la raffinerie Total de Mardyck (Communauté Urbaine de Dunkerque), s'élèvent désormais cinq éoliennes de dernière génération. Elles représentent une puissance totale installée de 12 mégawatts - soit l'équivalent de la consommation domestique d'électricité de 15 000 personnes.

De grande taille (des pales de 40 à 50 mètres montées sur des mâts de 80 à 95 mètres), les trois modèles d'éoliennes sélectionnés allient puissance électrique, emprise au sol limitée et faible niveau sonore. L'une d'entre elles, l'éolienne GE (General Electric) 3 MW, figure parmi les plus grandes et les plus puissantes au monde et est la première de ce type à être installée. Le choix de trois éoliennes de types différents, sélectionnées sur appel d'offres, fait de ce projet et de Mardyck une vitrine pour l'expérimentation des grandes éoliennes multi-mégawatts. Ces éoliennes modernes, toutes issues d'une technologie éprouvée, préfigurent les grands développements éoliens de demain à terre et en mer. La centrale éolienne de Mardyck représente un investissement d'environ 15 millions d'euros. Implantée au sud de la raffinerie des Flandres,

sur un terrain industriel concédé par le Port Autonome de Dunkerque, elle bénéficie d'infrastructures électriques existantes importantes et de synergies industrielles tant pour la construction que pour l'exploitation. La préparation du projet a comporté des études préliminaires très approfondies : impact sur le milieu naturel, le bruit, l'intégration paysagère, la sécurité des installations et l'impact socio-économique local. Novateur et appelé à faire référence, le projet éolien de Mardyck porte aussi la marque d'une volonté de respecter l'environnement et de s'intégrer naturellement dans une communauté. Dans des conditions définies par l'administration et spécifiques à l'énergie éolienne, l'électricité est vendue à EDF qui la distribue sur le réseau public.



Respecter l'environnement, **maîtriser les risques**



Jean-Christophe OUDIN,
responsable du projet
Centrale Eolienne
de Mardyck.
Total, Gaz & Electricité

Dès la conception du projet, la bonne évaluation de l'impact du fonctionnement de la future centrale sur son environnement est restée au cœur des préoccupations. Par exemple, nous avons pu établir qu'à trois cents mètres, le bruit émis par les éoliennes sera difficilement perceptible et se fondra dans le bruit ambiant.

Autre exemple, une étude confiée à une association ornithologique locale a révélé que la présence des éoliennes n'aurait pas d'impact sur la vie des oiseaux.

Les constatations faites sur le site depuis le démarrage de la construction confirment les conclusions de cette étude. Par ailleurs, comme pour tout projet industriel, une attention particulière a été portée à la sécurité. Ainsi, chaque éolienne est pilotée par ordinateur ce qui permet un contrôle permanent de tous les paramètres mécaniques et électriques.

Toute anomalie détectée conduit à la mise en sécurité immédiate des machines. Celles-ci sont automatiquement arrêtées lorsque le vent atteint 90 km/h et les installations sont conçues pour résister à l'arrêt à des rafales de plus de 215 km/h. Enfin, le volet d'études de sécurité, visant à maîtriser les risques et venant compléter les études d'impact du projet, s'est avéré particulièrement développé et constitue une référence pour de futures installations d'éoliennes en site industriel.

Des travaux d'envergure :



6
7

HISTORIQUE DU PROJET

- **Deuxième semestre 2000** : lancement du projet
- **Juin 2002** : obtention du permis de construire
- **Octobre 2002 à Juin 2003** : travaux d'aménagement (routes, plates-formes) et câblage du site
- **Juillet 2003** : réception du poste électrique et raccordement au réseau EDF
- **Août 2003** : réception des fondations des cinq éoliennes
- **19 août au 8 septembre 2003** : livraison sur site et installation des éoliennes
- **Septembre et octobre 2003** : tests des installations
- **Fin octobre / novembre 2003** : entrée en service commercial de la Centrale Eolienne de Mardyck
- **14 novembre 2003** : inauguration officielle du site



1



2



4



5



2



3

1 - Les fondations : points d'ancrage des éoliennes, les fondations représentent des ouvrages massifs (1600 m³ de béton), dont les dimensions et la structure sont le résultat d'études avancées d'ingénierie.

Dans le cas de Mardyck, les fondations sont toutes composées d'une semelle en béton de 12 mètres à 16 mètres de côté et jusqu'à 4 mètres de hauteur, reposant sur des pieux métalliques enfoncés d'environ 15 mètres dans le sol.

Ces fondations, dites « profondes », garantissent la tenue de l'éolienne dans les conditions les plus extrêmes.

2 - La partie basse du mât de l'éolienne est boulonnée sur une couronne métallique insérée dans le béton de la semelle de la fondation. Cette pièce assure l'accrochage de l'éolienne à la fondation ainsi que le transfert des charges vers celle-ci.

3 - Le transport des différentes pièces composant les 5 éoliennes du site a nécessité la mobilisation d'une soixantaine de convois exceptionnels.

4 - Les quatre ou cinq tronçons qui constituent le mât sont successivement basculés, levés, puis déposés et boulonnés sur le tronçon précédent.

5 - Fixée sur le haut du mât par une bride, la nacelle est l'élément de l'éolienne qui produit l'énergie électrique. Son poids peut dépasser 100 tonnes. Elle comprend un arbre de transmission et un multiplicateur de vitesse, couplé à un alternateur qui transforme l'énergie mécanique du vent en électricité lorsque tourne le rotor. La nacelle s'oriente en permanence face au vent grâce à un système automatique d'orientation.

6 - Le rotor, qui comprend le nez et les trois pales, est fixé à l'arbre tournant de la nacelle qu'il entraîne. C'est la force motrice de la machine. Les trois grandes pales, qu'elles soient levées une par une ou bien par 3 pré-assemblées ensemble au nez, font l'objet de levages spectaculaires durant l'installation. Le rotor de la plus grande éolienne de la centrale de Mardyck, pèse plus de 90 tonnes pour un diamètre supérieur à 100 mètres.

7 - Ces levages, impliquant des charges de l'ordre de 100 tonnes à 100 mètres de hauteur, ont conduit à utiliser une grue à treillis sur chenille d'une capacité de 800 tonnes.

(Pour les points 6 et 7 : voir les schémas techniques)

Schéma type d'une architecture de nacelle

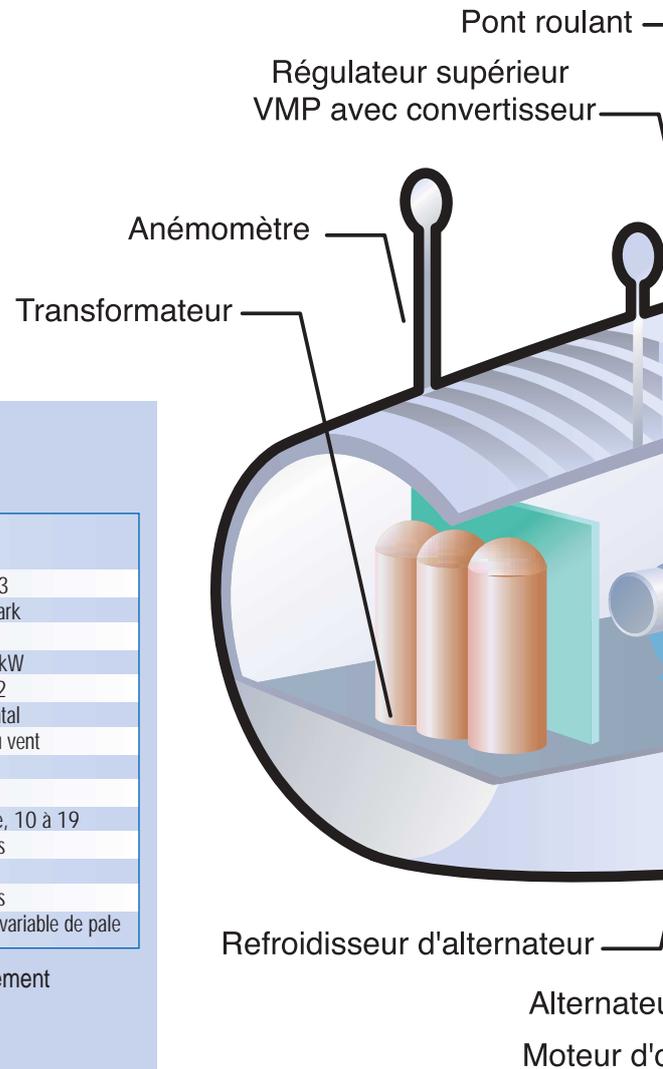


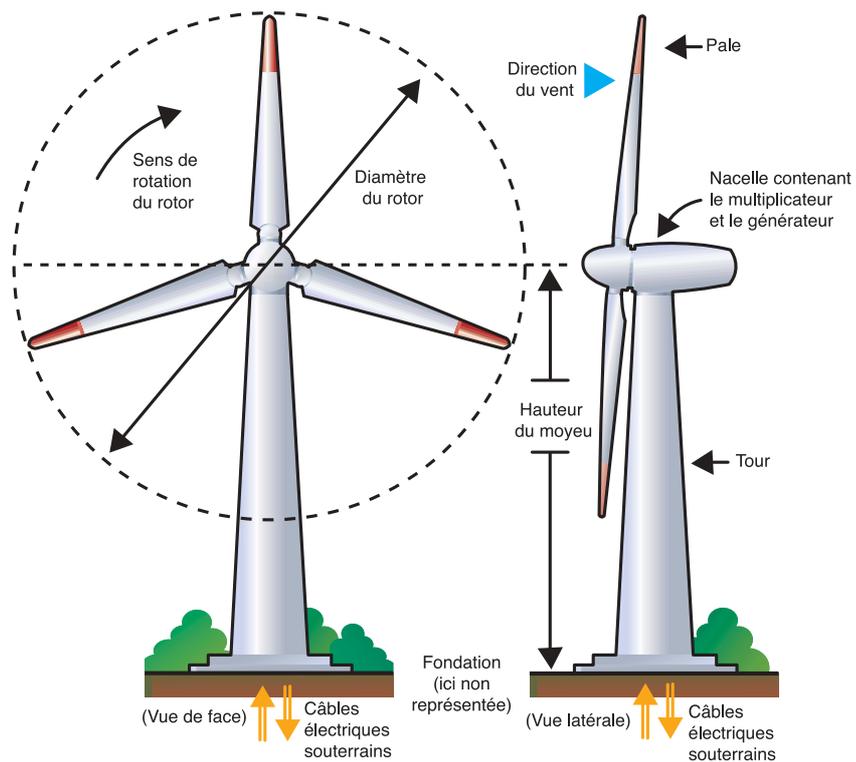
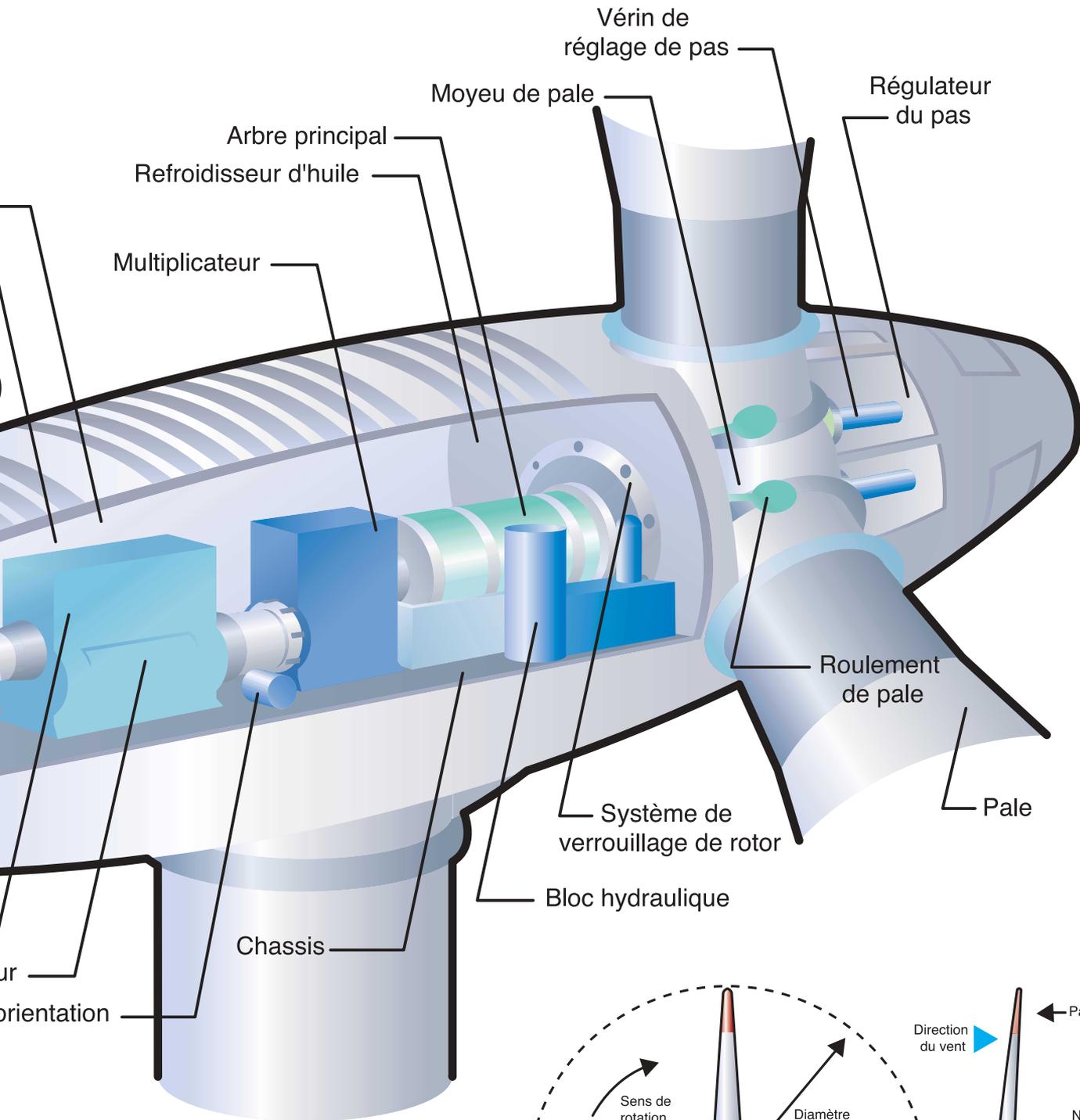
Constructeur	GENERAL ELECTRIC	NORDEX	VESTAS
N° d'éolienne (voir implantation)	E2	E4 et E5	E1 et E3
Pays	Allemagne	Danemark	Danemark
Type	GE 3000	N80	V80
Puissance nominale	3 000 kW	2 500 kW	2 000 kW
Classe de certification	Classe 2	Classe 2	Classe 2
Axe du rotor	Horizontal	Horizontal	Horizontal
Orientation du rotor	Face au vent	Face au vent	Face au vent
Hauteur du mât	95 m	80 m	80 m
Diamètre du rotor (tripale)	104 m	80 m	80 m
Vitesse de rotation du rotor (tr/mn)	Variable, 7,5 à 13,5	Variable, 10 à 19	Variable, 10 à 19
Vitesse de vent nominale	13 m/s	14 m/s	14 m/s
Vitesse de vent de démarrage	4 m/s	4 m/s	4 m/s
Vitesse de vent maximale*	25 m/s	25 m/s	25 m/s
Contrôle de puissance	Calage variable de pale	Calage variable de pale	Calage variable de pale



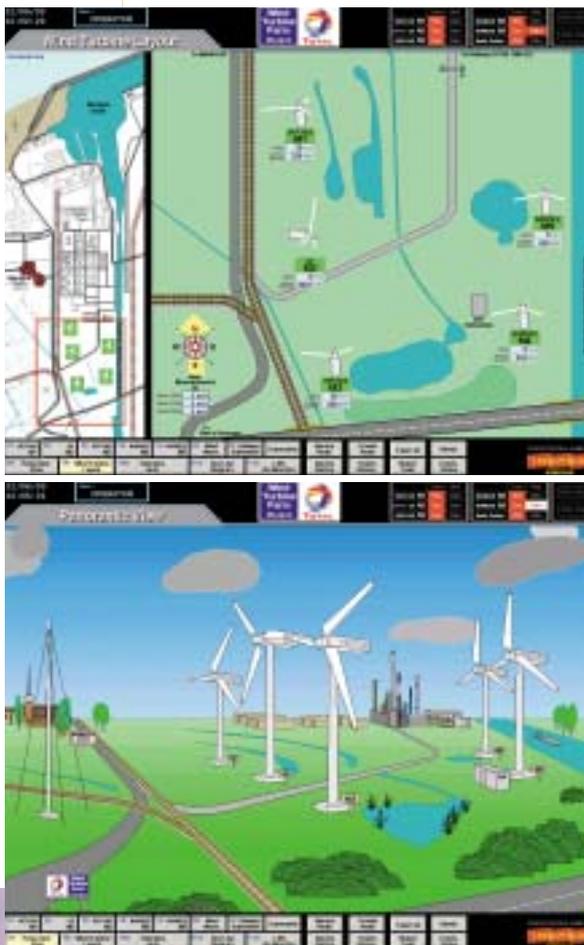
*en fonctionnement

Plan d'implantation





Le contrôle, de la centrale éolienne



Chaque éolienne de la centrale de Mardyck dispose de son propre système de contrôle, qui prend en charge les automatismes et les systèmes de sécurité.

Un système centralisé, développé spécifiquement par Total, permet tout à la fois de piloter individuellement les éoliennes, pour satisfaire aux contraintes d'exploitation, et de superviser l'ensemble de la centrale, depuis les paramètres de production jusqu'à la gestion des alarmes et à la mise à l'arrêt en cas d'anomalie. Les données d'exploitation sont accessibles à tout moment en trois points différents : dans la salle de contrôle d'un prestataire local choisi par Total pour assurer la maintenance de la centrale ; sur un écran de visualisation installé dans les locaux de supervision de la raffinerie ; enfin, dans les bureaux parisiens de Total.

Dialoguer et informer

Le projet éolien de Mardyck est mené en étroite concertation avec les principaux acteurs régionaux (élus, Port Autonome, CCI, associations de protection de l'environnement) et les administrations concernées ; il comprend également un volet essentiel d'information vers les riverains.

La centrale éolienne de Mardyck a été conçue et construite pour fournir de l'électricité durant plusieurs décennies. Il est donc nécessaire que ce projet au long cours s'intègre dans le

tissu régional, qu'il soit compris et accepté par les riverains et ceux qui les représentent.

Dans cette démarche, s'inscrivent une première réunion de présentation à Gravelines en mars 2001, suivie de nombreuses autres actions d'information telle que la réunion publique tenue à Mardyck début 2002 et par une opération portes ouvertes en novembre 2003. Enfin, une lettre d'information largement diffusée accompagne chacune des grandes étapes du projet depuis son lancement.



Trois questions à Gilles COCHEVELOU

Directeur Energies Renouvelables
Total, Gaz & Electricité



Pourquoi Total cherche-t-il à développer une filière énergies renouvelables ?

Pétrolier et gazier de taille mondiale, Total est déjà un groupe multi-énergies : le développement dans les énergies renouvelables est un prolongement naturel pour notre stratégie et nos savoir-faire. Le projet éolien de Mardyck s'inscrit dans cette volonté d'aborder de manière concrète toutes les questions et possibilités liées au futur du monde de l'énergie et contribue activement à la mise en place de politiques de développement durable dans ses réalisations industrielles.

Quelles sont aujourd'hui les positions de Total dans le domaine de la production d'électricité grâce aux énergies renouvelables ?

Nous avons une participation dans un barrage hydro-électrique en Argentine, mais c'est dans l'énergie solaire que notre expérience est la plus ancienne. Le Groupe est notamment co-actionnaire de Total Energie qui, fondé en 1983, se situe parmi les leaders mondiaux en matière de conception, d'assemblage et d'installation de systèmes photovoltaïques. Deux opérations récentes d'électrification rurale concernant l'une, 15 000 foyers en Afrique du Sud, et, l'autre, 16 000 foyers au Maroc, ainsi que la construction à Toulouse d'une usine de fabrication de panneaux solaires qui devrait permettre d'équiper les toits de 2 500 foyers européens par an, illustrent cette action que nous entendons renforcer. Par ailleurs, nous sommes un des partenaires fondateurs de la société Photovoltech, qui produira avant la fin 2003 à Tienen, en Belgique, des cellules photovoltaïques selon une technologie de pointe, soit l'équivalent d'une capacité annuelle de près de 10 MW.

Quels sont désormais les projets de Total dans le domaine de l'éolien ?

La réalisation de la centrale de Mardyck devrait se révéler riche d'enseignements. Notre objectif est de tester différents types d'éolienne à terre, pour en évaluer et comparer les qualités et performances respectives, puis de développer des projets en mer de centrales éoliennes d'une capacité supérieure à 50 MW. Nous n'en sommes encore qu'aux prémises. Mais nous pensons pouvoir jouer un rôle significatif en Europe. Nous avons ainsi plusieurs programmes à l'étude, en France et en Europe. Conscient des atouts de l'énergie éolienne, Total entend valoriser son expérience de la conduite des projets industriels, sa connaissance des systèmes et des marchés énergétiques et sa compétence sur l'ensemble des techniques de construction et d'exploitation de chantiers industriels en mer.

L'éolien en bref



Définition. Autrefois, les moulins transformaient le vent en énergie mécanique, principalement pour mouliner le grain. Aujourd'hui, les éoliennes utilisent le vent pour transformer l'énergie mécanique en énergie électrique.

Situation actuelle. La puissance des éoliennes dépasse bien souvent 1 MW, ce qui est 1 000 fois supérieur à celle des anciens moulins à vent. L'Allemagne, avec près de 13 000 MW installés, est le plus grand producteur d'électricité d'origine éolienne, l'Espagne (plus de 5 000 MW) et le Danemark (près de 3 000 MW) occupant les deux autres marches du podium. La France se situe loin derrière, avec 220 MW. Pour comparaison, la capacité totale de production électrique installée en France est d'environ 110 000 MW.

Politique européenne. L'Union Européenne prévoit, dans une directive de septembre 2001, de faire passer la part des

énergies renouvelables dans la consommation d'électricité des pays membres de 14 % en 1997 à 22 % en 2010. La France, pour sa part, s'est engagée à augmenter de 6 % la part des énergies renouvelables dans sa consommation d'énergie d'ici 2010.

Cela représente quelques 14 000 MW supplémentaires, dont la plus grande partie reposerait sur l'éolien.

Dans le monde. Fin 2002, la puissance installée sur les cinq continents dépassait les 30 000 MW, dont 23 000 en Europe.

Avantages. L'énergie éolienne est « propre » : elle ne produit pas de gaz à effet de serre et les composants des éoliennes, lors du démantèlement, ne posent pas de problème de retraitement particulier.



TOTAL S.A.
2, place de la Coupole - La Défense 6
92400 Courbevoie
Capital social : 6 781 261 540 euros
542 051 180 RCS Nanterre
www.total.com