

Projet éolien en mer des Deux Côtes Synthèse de l'étude Bilan Carbone du projet (Bureau d'études ECO2 Initiative –2010 »

Le développement des énergies renouvelables et la réduction de la dépendance aux énergies fossiles

La France, à travers le Grenelle de l'environnement s'est donné l'objectif de devenir l'économie la plus efficiente en carbone de l'Union Européenne d'ici 2020 et de diviser par 4 ses émissions de gaz à effet de serre d'ici à 2050.

En termes d'énergies renouvelables, la loi de programmation de mise en œuvre du Grenelle du 3 août 2009 propose de porter à au moins 23% en 2020 la part des énergies renouvelables dans la consommation d'énergie finale, soit un doublement par rapport à 2005. Cet objectif suppose de produire en plus du parc énergétique existant 20 millions de tonnes équivalent pétrole annuelles d'énergies renouvelables.

Dans ce cadre, l'énergie éolienne a toute sa place à prendre, et un projet comme celui des Deux-Côtes, porté par La Compagnie du Vent, contribue à l'atteinte de ces objectifs ambitieux.

Les enjeux

Facteur 4: diviser par 4 les émissions françaises en 2050

Union Européenne: -20% d'émissions de gaz à effet de serre et 20% d'énergies renouvelables en 2020

France: doubler la production d'énergies renouvelables d'ici 2020



Parc de Nysted

De la nécessité de disposer d'outils d'aide à la décision et d'outil de mesure

L'intérêt écologique, social et économique de ces projets doit être vérifié, c'est tout le sens des différentes études d'impact engagées.

Le présent document est une synthèse de l'étude de l'impact et la quantification des émissions de gaz à effet de serre du projet de Parc Eolien des Deux-Côtes (éoliennes, fondations, raccordements et transformation électrique).

Cette évaluation a pour objectif non seulement de quantifier les émissions mais également d'identifier des pistes d'amélioration et d'optimisation du cycle de vie complet du projet du point de vue des émissions de gaz à effet de serre.

Pour cela, c'est la méthodologie du Bilan Carbone®, outil développé par l'ADEME, qui a été choisie.

Le Bilan Carbone®, méthodologie reconnue

Développée par l'Agence Nationale de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) le Bilan Carbone® est la méthode reconnue publiquement en France, et une des approches les plus complètes pour le calcul des émissions de gaz à effet de serre. Elle est validée par l'ADEME, il faut être formé et habilité pour l'utiliser.

Le Bilan Carbone® est un outil permettant de tenir une « comptabilité carbone », selon des règles qui sont publiques (le guide méthodologique et le guide des facteurs d'émission sont librement téléchargeables sur le site de l'Ademe) et compatibles avec les normes internationales déjà en vigueur ([ISO 14064](#) notamment). Elle s'intéresse à l'ensemble des émissions de gaz à effet de serre induits par une activité directement et indirectement.

L'expert ayant réalisé cette étude est lui-même habilité et formateur à la méthode pour le compte de l'ADEME.

Le projet en chiffres

141 éoliennes,

705 MW de puissance

30 ans de durée de vie

3 ans et 25 000 heures de travaux



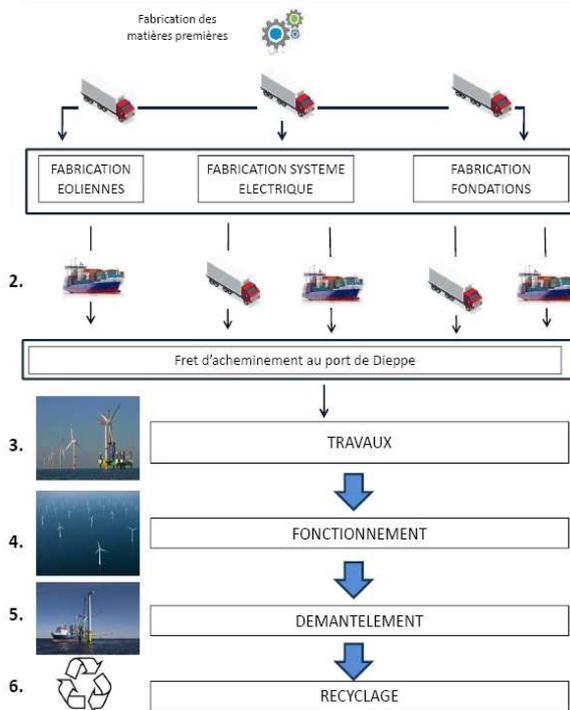
BILAN CARBONE®

Méthodologie et périmètre d'étude

La méthode du Bilan Carbone® consiste à évaluer l'ensemble des émissions de gaz à effet de serre qui ont lieu tout au long du cycle de vie d'un projet. Ces émissions sont exprimées en tonnes équivalent CO₂ (t éqCO₂). Cette unité est l'unité standard utilisée pour évaluer les quantités de gaz à effet de serre émises, elle inclut aussi bien le CO₂ que les autres gaz à effet de serre (Méthane ou CH₄, Protoxyde d'azote ou N₂O etc.)

Pour évaluer le Bilan Carbone® du projet de parc éolien des Deux Côtes, les émissions lors **des différentes phases du projet** ont été estimées, telles que schématisées dans le graphique ci-contre :

1. SCHEMA DU CYCLE DE VIE DU PARC D'EOLIENNES EN MER



1. Fabrication des éoliennes, des fondations et du système électrique en mer et à terre (consommation d'énergie et de matières premières)
2. Transport des éoliennes, des fondations et du système électrique en mer et à terre (consommation de carburant de transport)
3. Travaux d'installation du parc (éoliennes, fondations et raccordement électrique) : consommation de carburant
4. Exploitation et maintenance du parc et de ses équipements électrique en mer et à terre (consommations de carburant et de matières pendant 30 ans)
5. Travaux de démantèlement du parc et de ses équipements (consommations de carburant)
6. Traitement de fin de vie des matériaux récupérés (revalorisation, recyclage)

Résultats du Bilan par phase

Les émissions totales du projet, soit 1 210 000 tonnes équivalent CO₂, sont présentées **pour chaque phase** dans le graphique ci-dessous :



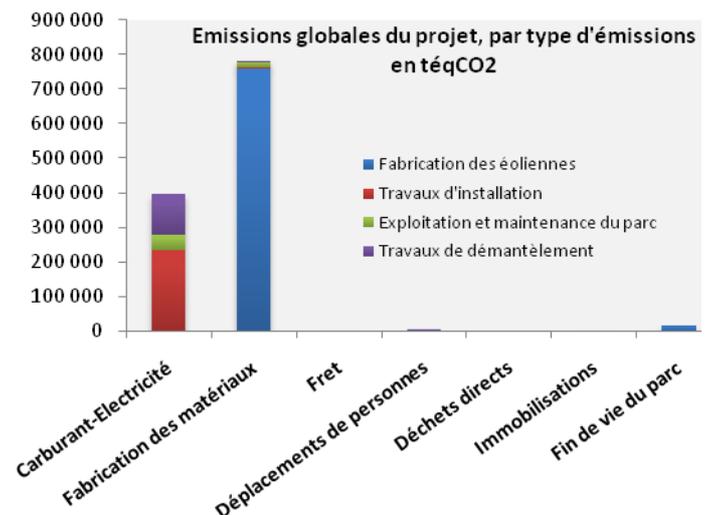
Bilan Carbone global du parc, par phase, en t_{éq}CO₂

Les émissions dues à la fabrication et au transport des éoliennes (fondations incluses) représentent à elles seules près de **64% des émissions totales**. Viennent ensuite les **travaux d'installation** (20%) et de **démantèlement** (10%). Enfin les émissions pendant la période d'exploitation représentent 6% des émissions totales.

Résultats du Bilan par type d'émission

En regardant le détail selon le type d'émission (graphique ci-après) ce sont les émissions de fabrication des **matériaux** des éoliennes (fondations incluses) et notamment **l'acier**, qui prédominent. Il est à noter que les **émissions de fret** (transport des éoliennes) sont négligeables dans cette phase (épaisseur du trait).

En ce qui concerne les travaux (installation et maintenance), les émissions sont essentiellement dues au carburant consommé par les bateaux intervenant lors de ces phases.

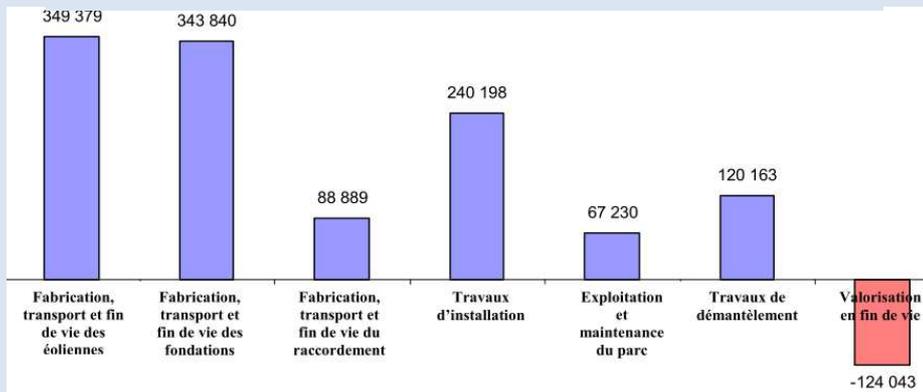


En ce qui concerne l'exploitation, les émissions sont dues au carburant utilisé par les différents moyens maritimes et à la maintenance.

Fin de vie et économies revendiquées

Au moment du démantèlement du parc une grande partie de l'acier peut être revalorisée ou recyclée. Dans ce cas une partie des émissions de fabrication peuvent être « déduites » du bilan global sous forme d'économies revendiquées

Bilan carbone global du parc éolien offshore des Deux Cotes en téqCO₂



124 000 téqCO₂ d'économies peuvent être revendiquées si 80% de l'acier des éoliennes et des fondations est recyclé lors du démantèlement.

Contenu carbone du kwh éolien

L'intérêt du Bilan Carbone du projet est également de comparer le contenu CO₂ du kilowattheure produit par rapport à d'autres modes de production électrique.

En prenant en compte les économies de fin de vie et les émissions globales, le Bilan Carbone a permis de déterminer le contenu CO₂ (ou facteur d'émission) du kwh fourni par le parc, correspondant à 2,34 TWh d'électricité produits annuellement:

**Contenu CO₂ du kWh produit:
15,5 géqCO₂/kWh**

Le parc permet ainsi de produire un kwh électrique dont le contenu carbone incluant l'ensemble du bilan (de la fabrication des éoliennes à leur fin de vie) est **5 fois inférieur au contenu carbone moyen du kwh français** (84g éqCO₂/kwh, voir tableau ci-contre) et **57 fois inférieur à celui d'une centrale à gaz**.

Le contenu CO₂ du kWh est 5 fois inférieur à celui du kWh moyen français

Quelques éléments de comparaison

Le tableau suivant présente quelques ordres de grandeur de contenu CO₂ de matériau, d'énergie ou de processus.

| Pour... | On émet... |
|--|--------------------------|
| ...parcourir 10000 kilomètres en voiture | 2,8 t éq CO ₂ |
| ...transporter une tonne de marchandise sur 10000 kilomètres | 4,9 t éq CO ₂ |
| ...la fabrication d'une tonne d'acier | 3,7 t éq CO ₂ |

Source: ADEME

Le tableau suivant présente quand à lui le contenu CO₂ d'autres sources de production d'électricité

| Mode de production | CO ₂ /kwh |
|----------------------------|------------------------------|
| Emission moyenne française | 84 g éqCO ₂ |
| Centrale au gaz | 883 g éq CO ₂ |
| Centrale à cycle combiné | 427 g éq CO ₂ |
| Solaire photovoltaïque | 60 à 150 g éqCO ₂ |

Sources : Etude ACV-DRD

En évitant la construction de centrales au gaz fournissant la même quantité d'électricité, le parc des Deux Côtes permet une réduction des émissions de CO₂ de **2 millions de tonnes par an**

De manière générale la note du 15 février indique qu'en moyenne l'éolien terrestre et maritime permettent de réduire de 300 géqCO₂/kwh les émissions de production d'électricité en France.

Quelque soit l'hypothèse prise sur la quantité de CO₂ évitée par le kWh de l'éolien (terrestre ou maritime), les éoliennes amortissent le bilan carbone de leur construction/exploitation/démantèlement en une durée largement inférieure à leur durée de vie : de 7 à 20 mois

Le bilan carbone total du projet du parc éolien en mer est donc très largement positif



Barge d'installation des éoliennes

Une note du 15 février 2008 de l'ADEME et du Ministère de l'écologie indique néanmoins que l'éolien se substitue essentiellement (à 75%) en France à la production d'électricité à partir d'énergie fossile.

En effet l'électricité éolienne, comme l'électricité hydraulique ou thermique est en partie une énergie d'appoint, utilisée lors des pics de demande (notamment en hiver), le nucléaire servant à fournir l'électricité dite de base.

Ainsi en installant le parc éolien des Deux Côtes au lieu d'une centrale au gaz, on réduit les émissions de CO₂ au kwh produit de 883 géqCO₂/kwh à 15,5 géqCO₂/kwh, soit annuellement 2 millions de tonnes éqCO₂ (le parc fournissant 2,34 milliards de kwh par an).

Un potentiel de réduction supplémentaire

L'étude a permis par ailleurs d'identifier à chaque phase les leviers d'action principaux pour améliorer le bilan global du parc.

Nous avons pu ainsi dégager trois postes majeurs, représentant plus de 90% des émissions:

- La fabrication de l'acier des éoliennes et des fondations
- La valorisation de l'acier en fin de vie du parc
- Le carburant consommé par les bateaux et les engins réalisant les travaux d'installation et de démantèlement



Barge de transport des éoliennes

Grâce à ces éléments un certain nombre d'actions ont été identifiées et seront mises en place à chaque phase du projet afin d'en optimiser le bilan.



Parc de Nysted

Certaines actions pourraient encore permettre d'améliorer les chiffres évalués lors de cette étude, notamment grâce aux progrès réalisés par les fabricants en termes d'éco-conception et par les engins de chantier en mer.

La mise en place d'une charte de chantier vert et d'un système de management environnemental lors des travaux permettront également d'améliorer le bilan global du parc.



Barges d'installations des fondations

Le gain potentiel estimé sur le projet actuel avec la mise en place de ces actions est de 5 à 20%.

| Pistes d'actions identifiées par phase |
|--|
| Fabrication des éoliennes |
| Maximiser la quantité d'acier recyclé dans la composition des éoliennes |
| Intégrer des clauses et critères d'éco-conception dans l'appel d'offre et les clauses d'achat |
| Envisager la réalisation d'un bilan carbone par les fabricants |
| Transport des éléments du parc |
| Fret maritime pour l'ensemble des kilomètres parcourus |
| Type de fondations |
| Privilégier les fondations monopieu, nécessitant moins de carburant que le gravitaire |
| Maximiser le taux d'acier recyclé dans la fabrication des fondations |
| Travaux d'installation et de démantèlement du parc |
| Charte Chantier Vert |
| Système de Management environnemental |
| Optimisation des consommations des engins maritimes et terrestres |
| Utilisation d'engins performants énergétiquement |
| Utilisation d'engins à combustible "propre" (électriques, biocarburants) |
| Organisation de navettes pour le transport domicile-travail des ouvriers |
| Base logistique à structure bois, HQE, BBC, qui anticipe son démantèlement |
| Fonctionnement-exploitation |
| Utilisation d'engins performants |
| Utilisation d'engins à combustible "propre" (électriques, biocarburants) |
| Procédure de visite des éoliennes minimisant les consommations des bateaux (fréquence, ordre, courants, marées, vent...) |
| Traitement de fin de vie des éléments du parc |
| Valorisation de l'acier récupéré: objectif 100% de l'acier de l'éolienne revalorisé |
| Valorisation de l'acier récupéré: objectif 80 à 100% de l'acier des fondations revalorisé |