



AGIR pour la  
BIODIVERSITÉ

# Eolien et biodiversité

Séminaire  
2017



21 et 22 novembre

Artigues-près-Bordeaux



MINISTÈRE  
DE LA TRANSITION  
ÉCOLOGIQUE  
ET SOLIDAIRE





AGIR pour la  
BIODIVERSITÉ

Eolien et biodiversité

Séminaire  
2017



21 et 22 novembre

Artigues-près-Bordeaux

L'éolien terrestre

Etat des lieux et perspectives

Jean-Michel Parrouffe

ADEME

Chef de Service Réseaux et Energies  
Renouvelables



## Sommaire

- L'éolien dans la politique énergétique et les objectifs nationaux.
- Les capacités installées et les performances du parc.
- Le bilan de la politique de développement :
  - Socio-économique
  - Environnemental
- Focus sur l'action biodiversité/environnement.

## Des objectifs de politique énergétique :

- Garantir l'indépendance énergétique nationale et la sécurité d'approvisionnement
- Préserver l'environnement et renforcer la lutte contre l'effet de serre
- Garantir un prix compétitif de l'énergie
- Garantir cohésion sociale et territoriale en assurant l'accès de tous à l'énergie
- Contribuer à la création d'emplois dans les filières de la transition énergétique
- Améliorer la balance commerciale et la compétitivité de la France
- Redynamiser les territoires ruraux

## ... qui s'articulent avec :

Directives européennes

Libéralisation du marché de l'électricité

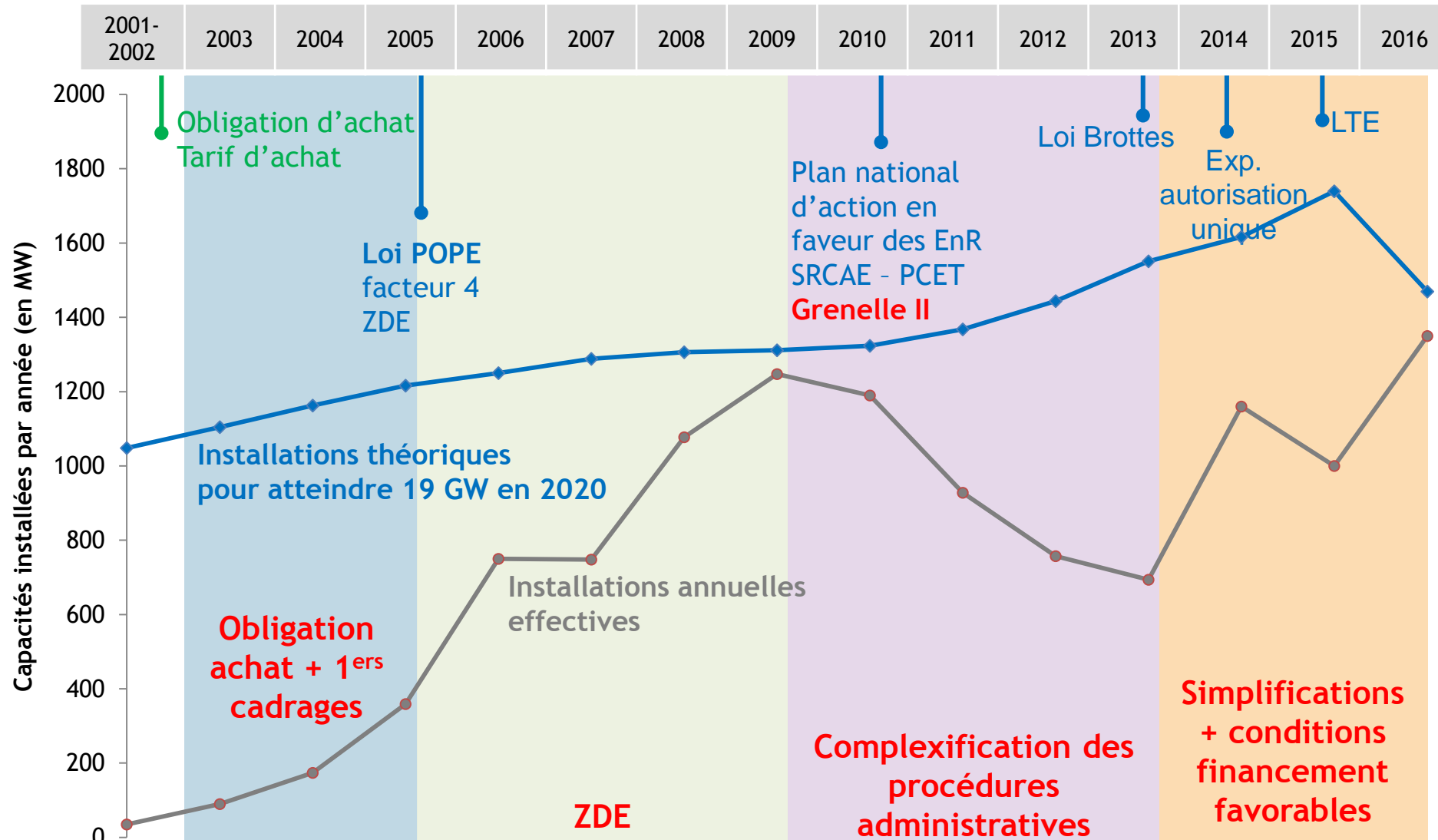
Compétences régionales et nationales

# L'éolien dans la politique énergétique

## Les objectifs à moyen terme

Echéance	Texte	Objectifs (O) ou évaluation pour l'éolien (E)	OK / NOK ?
2018	PPE 2016	O : 15 000 MW éolien terrestre O : 500 MW éolien en mer → ~ 34 TWh	Presque OK NOK
2020	Loi Grenelle	O : 27% de la production d'électricité EnR. Eolien : 19 GW terrestre, 6 GW en mer	NOK
2023	PPE 2016	O : 23 000 MW éolien terrestre (moy.) 3 000 MW éolien en mer → ~ 60 TWh	OK fourchette basse (21 800 MW)
2030	LTECV	O : 40% de la production d'électricité d'origine EnR E : 32 000 MW éolien terrestre E : 10 000 MW éolien en mer	Objectifs 2028 à définir dans PPE 2018

# Evolutions réglementaires et capacités installées : 4 grandes phases



Difficultés d'atteinte des objectifs définis dans les PPI/PPE successives :

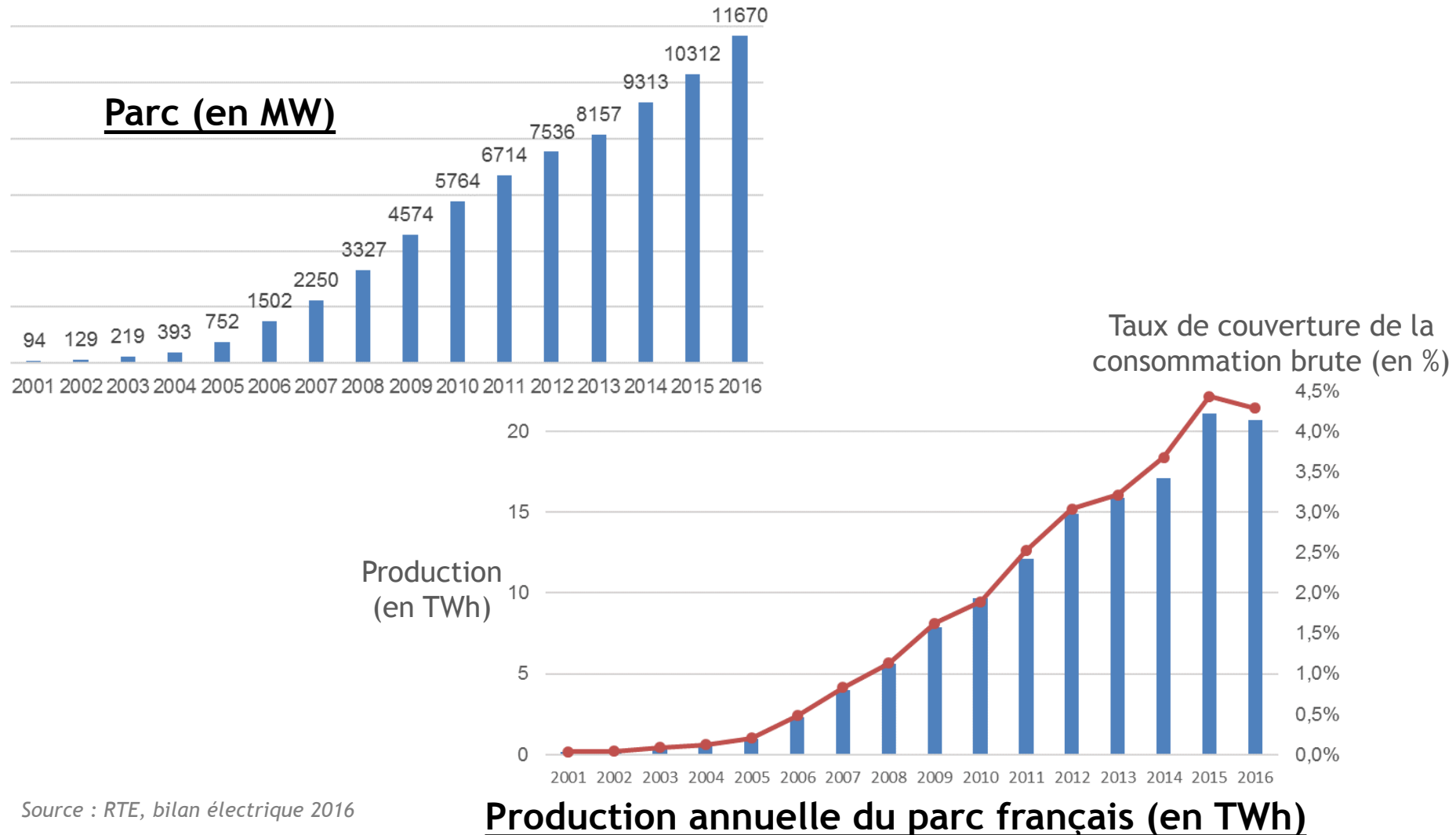
- Difficultés techniques qui n'ont pas été suffisamment anticipées (durée de développement des projets, aménagement du réseau électrique et coûts afférents, cohabitation avec l'observation radar...) ;
- Des changements réglementaires fréquents ;
- Des problématiques d'acceptabilité et de perception (locales ou d'opposition de principe) → nombreux recours ;
- Des incertitudes sur le dispositif de l'obligation d'achat.

Aujourd'hui, l'éolien recolle à la trajectoire d'atteinte des objectifs PPE :

- Stabilisation de la réglementation;
- Structuration de la filière.

# Le parc éolien français

## Un parc éolien terrestre en construction



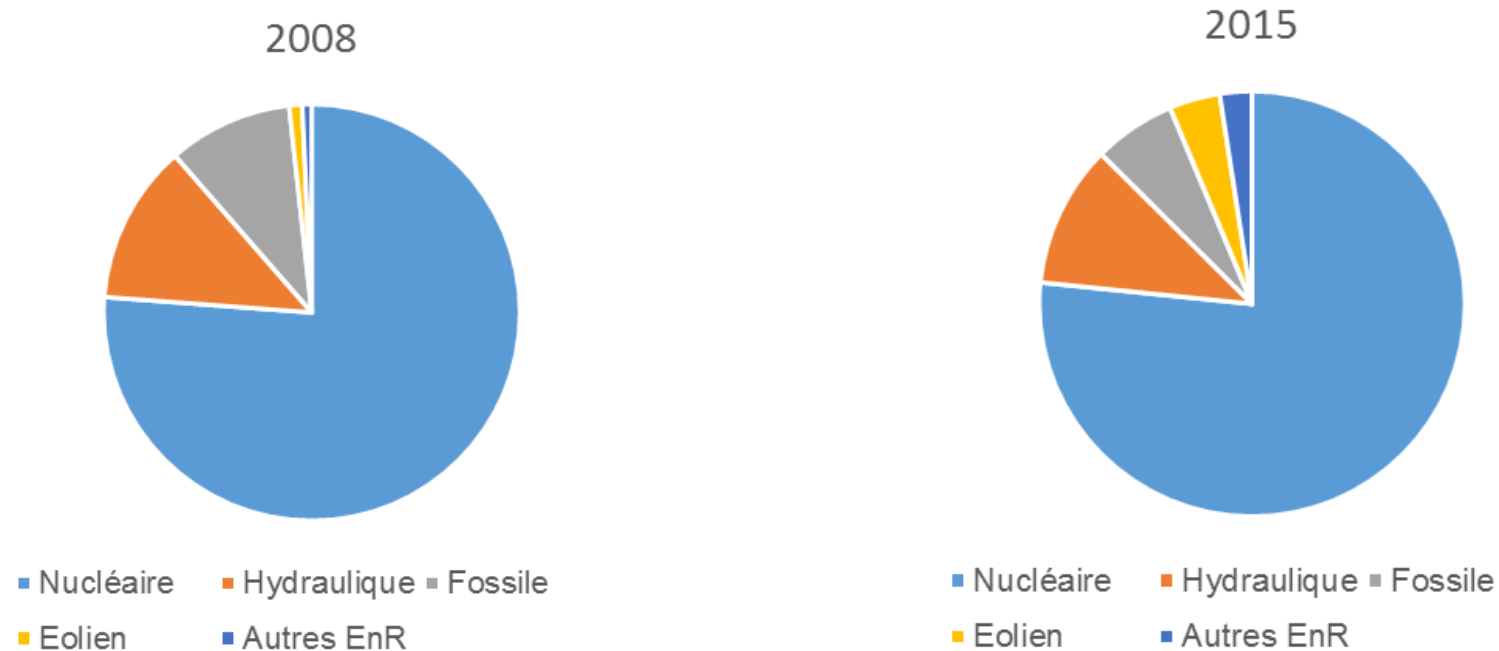
Source : RTE, bilan électrique 2016



# Le parc éolien français



## Une intégration de la production dans le mix de production d'électricité



Entre 2008 et 2015 : l'éolien prend une part significative dans le mix de production et se substitue aux productions fossiles

# Le parc éolien français

## Les ordres de grandeur de la production

**10 000 MW**  
raccordés au  
réseau électrique



**+ de 6 millions**  
de foyers alimentés  
par l'énergie éolienne\*



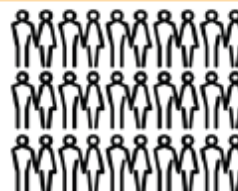
**4 %**  
de la consommation  
électrique moyenne  
nationale



**+ de 1 milliard**  
d'euros  
d'investissements par  
an depuis 10 ans



**10 000**  
emplois



*Emplois directs*

**+ de 2 fois**

la consommation  
électrique du secteur  
de l'agriculture



\* Hypothèse de consommation annuelle par foyer : 3 100 kWh (hors chauffage et eau chaude sanitaire) / 1 foyer = 2,3 personnes (source Insee / ADEME)

Sources : SER / ADEME

## Evaluation de la durabilité de l'éolien sous 3 angles :

### Performances économiques

Coûts/bénéfices (monétarisation des externalités), coûts de production (évolution technologique), compétitivité-prix du marché, valeur ajoutée et marchés, balance commerciale

### Performances sociales

Emplois, facture des ménages

### Performances environnementales

Analyse de cycle de vie et suivi avifaune

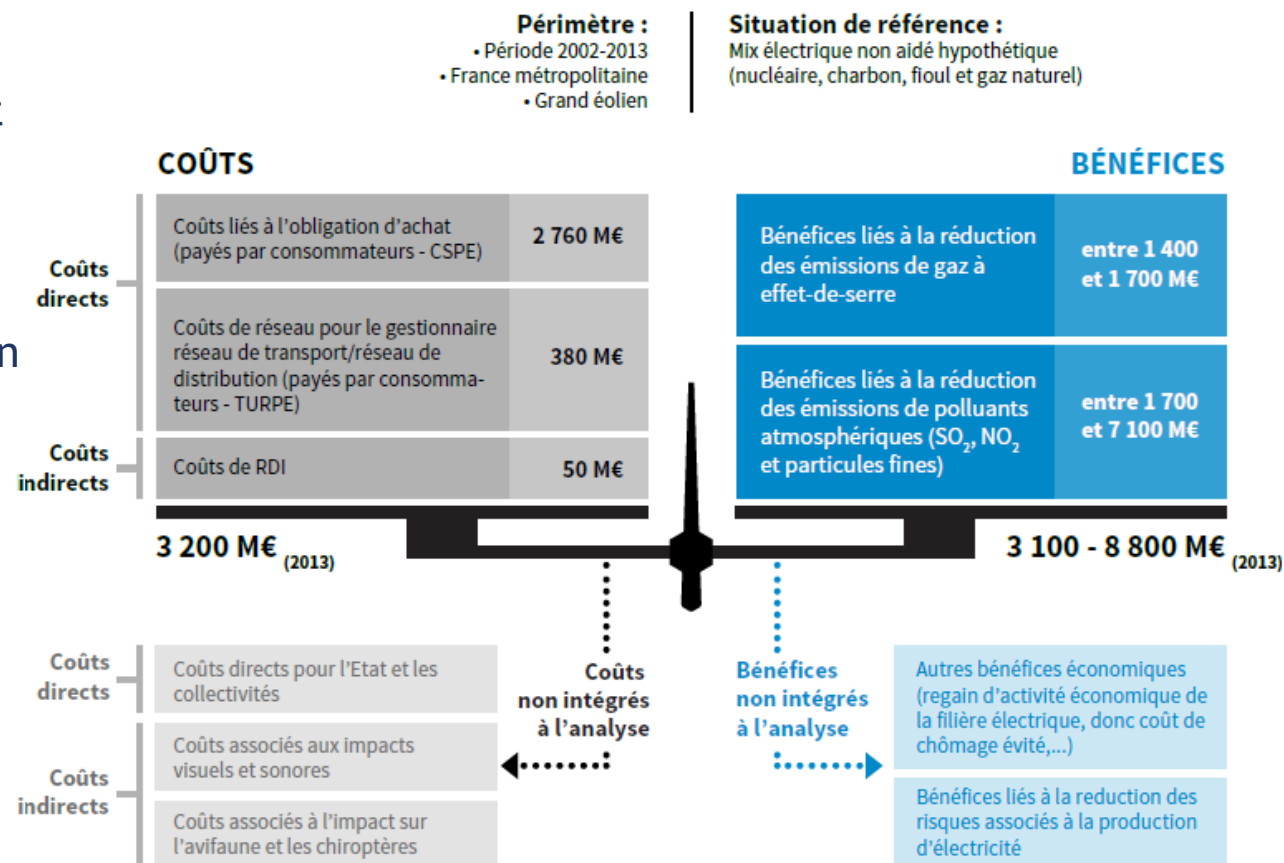
# Performances socio-économiques

Analyse coûts / bénéfices de la politique de soutien :  
Les bénéfices de l'éolien pour la collectivité dépassent les  
coûts directs et indirects

Le développement de  
l'éolien a permis d'éviter  
l'émission de **9,6 MtCO<sub>2</sub>éq**  
en 2014, soit 9 % de l'effort  
national

Balance commerciale  
excédentaire depuis 2010 en  
ajoutant les économies  
d'importation de  
combustible (~ 800 M€/an)

CSPE éolien : 2,9 % de la  
facture d'électricité d'un  
ménage en 2015.



# Performances socio-économiques

## Coûts de production actuels

Hypothèses

Caractéristiques techniques		
Périmètre	France	
Terme	2017	
Variante technologique	Machines "standard"	Nouvelle génération
Puissance installée (MW)	2,3	2
Durée de fonctionnement (années)	20	
Vitesse moyenne de vent au moyeu (m/s)	7,5 - 10	6 - 7,5
Temps de fonctionnement annuel à pleine puissance (h)	1800 - 2400	2400 - 2700
Coûts		
Investissement (€/kW)	1300 - 1400	1 400 - 1 700
dont coût de raccordement (k€)	100	
dont quote-part régionale RPT* et RPD** (€/kW)	0 - 69,8	
Exploitation fixe (€/kW/an)	42 - 52	

Résultats

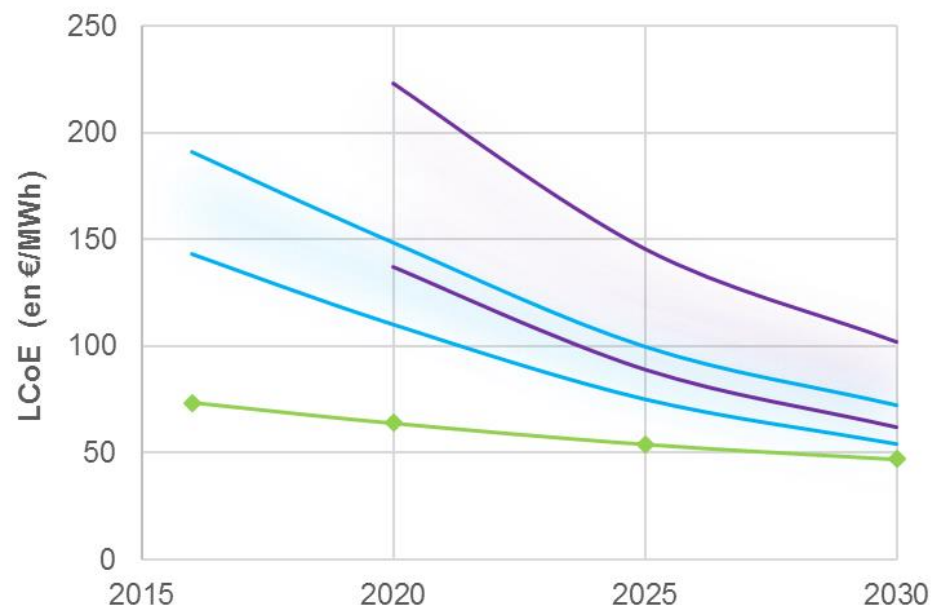
Coût de production total (€/MWh) en fonction du taux d'actualisation		
3%	54 - 81	50 - 69
5%	61 - 91	57 - 79
8%	73 - 108	68 - 94
10%	(81 - 120)	(76 - 105)

Source : Coût des énergies renouvelables en France, ADEME 2017

<http://www.ademe.fr/couts-energies-renouvelables-france>

# Performances socio-économiques

## Coûts de production prospectifs



*Source : Caractérisation des innovations technologiques du secteur de l'éolien et maturités des filières, ADEME 2017*

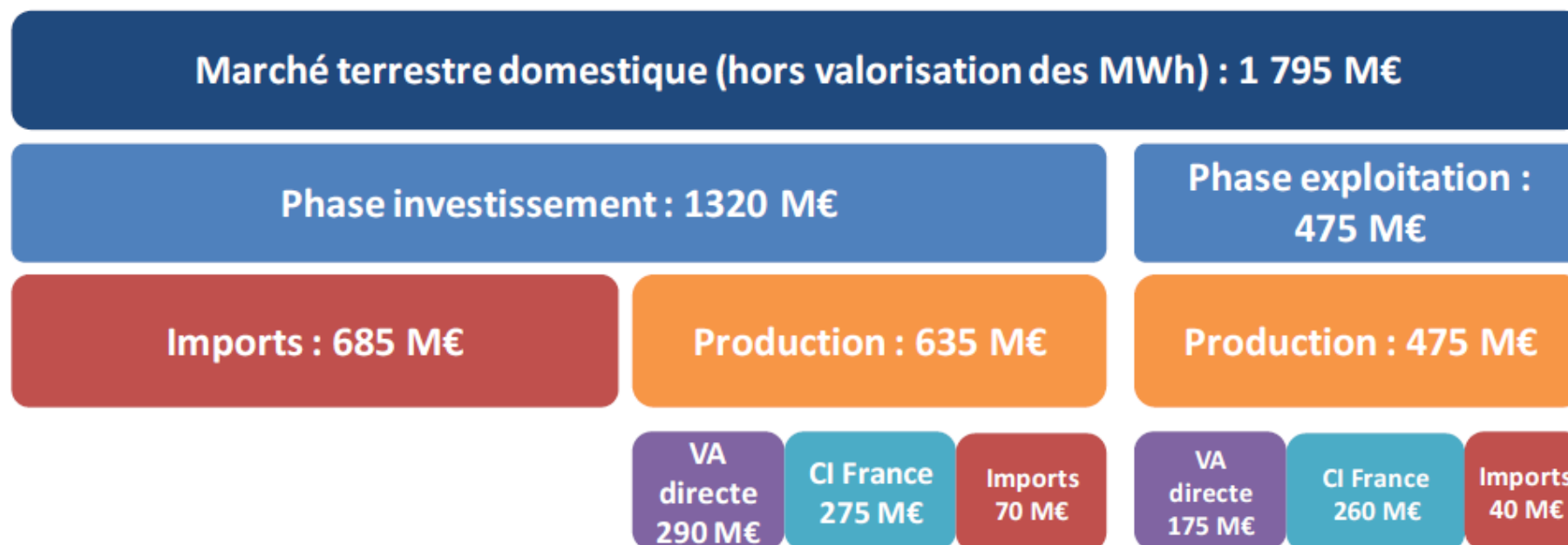
- L'éolien est un moyen de production compétitif
- Les mécanismes de rémunération évoluent pour conduire l'éolien vers son intégration dans les marchés de l'électricité
- Les impacts de l'éolien sur la facture d'électricité devraient diminuer au fur et à mesure du temps

## Evolutions technologiques : moteur de la baisse des coûts

- Tendance à l'augmentation du diamètre du rotor à puissance nominale autour de 2,5 à 3 MW : augmentation de la productivité, les sites de vent moins fort deviennent rentables.
- Allongement de la durée de vie des installations (jusqu'à 30 ans en 2030).
- Amélioration du pilotage des éoliennes et parcs : plus de données, de capacité de surveillance et de pilotage/anticipation.
- Sortie de contrat des premiers parcs : plusieurs scénarios possibles à étudier au cas par cas (retrofit, repowering, revamping)...

# Performances socio-économiques

## Valeur ajoutée-Marché



Usine France : 1 835 M€ de production de la filière éolienne française  
dont 663 M€ à l'exportation

Source : Etude sur la filière éolienne française : bilan, prospective et stratégie, ADEME 2017

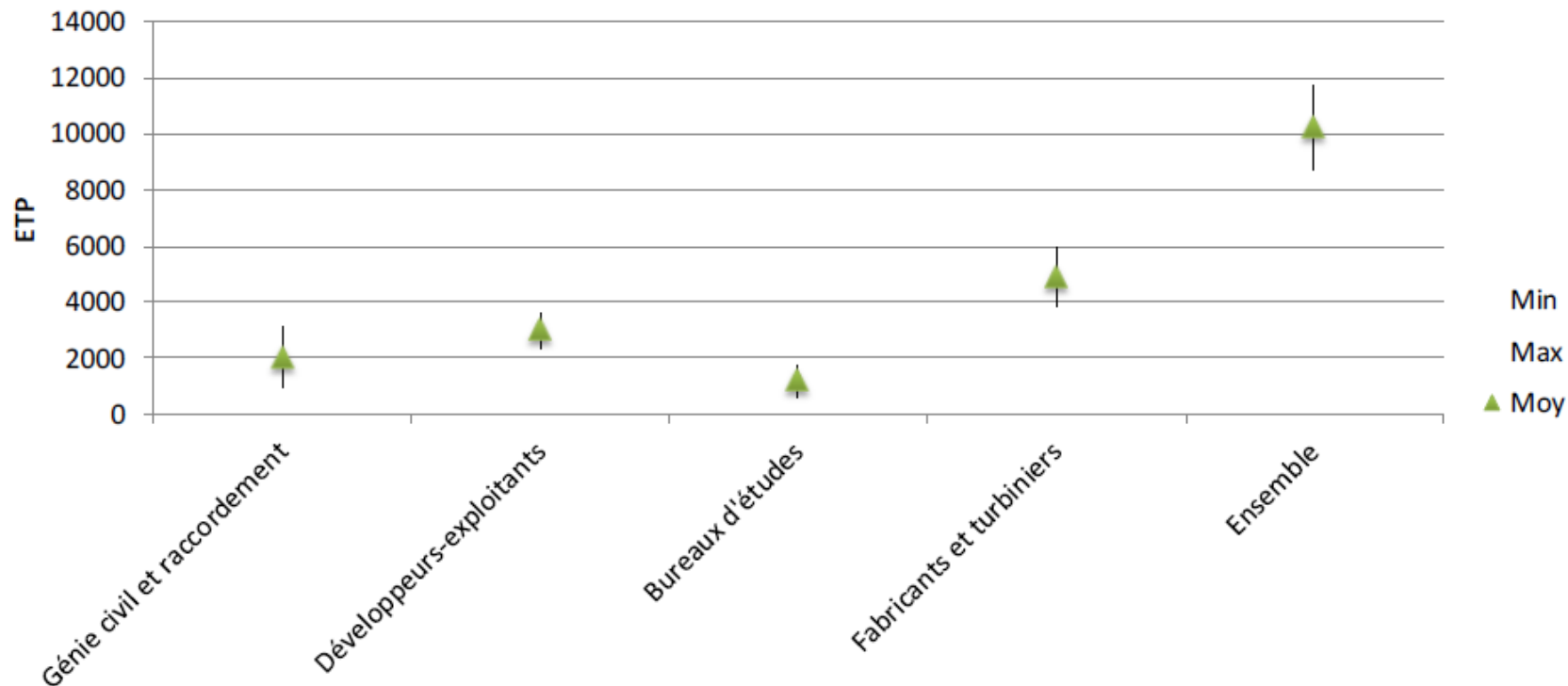


## Emplois

18 000 emplois équivalent temps plein

10 000 ETP directs : associés aux activités spécifiques de la filière (développement de projets et études, fabrication de composants, assemblage, construction, exploitation, et maintenance)

8 000 ETP indirects : associés à la production des consommations intermédiaires des activités spécifiques de la filière.



# Performances environnementales

## Evaluation environnementale (ACV) : parc éolien français

Sources : rapport GIEC (2011)

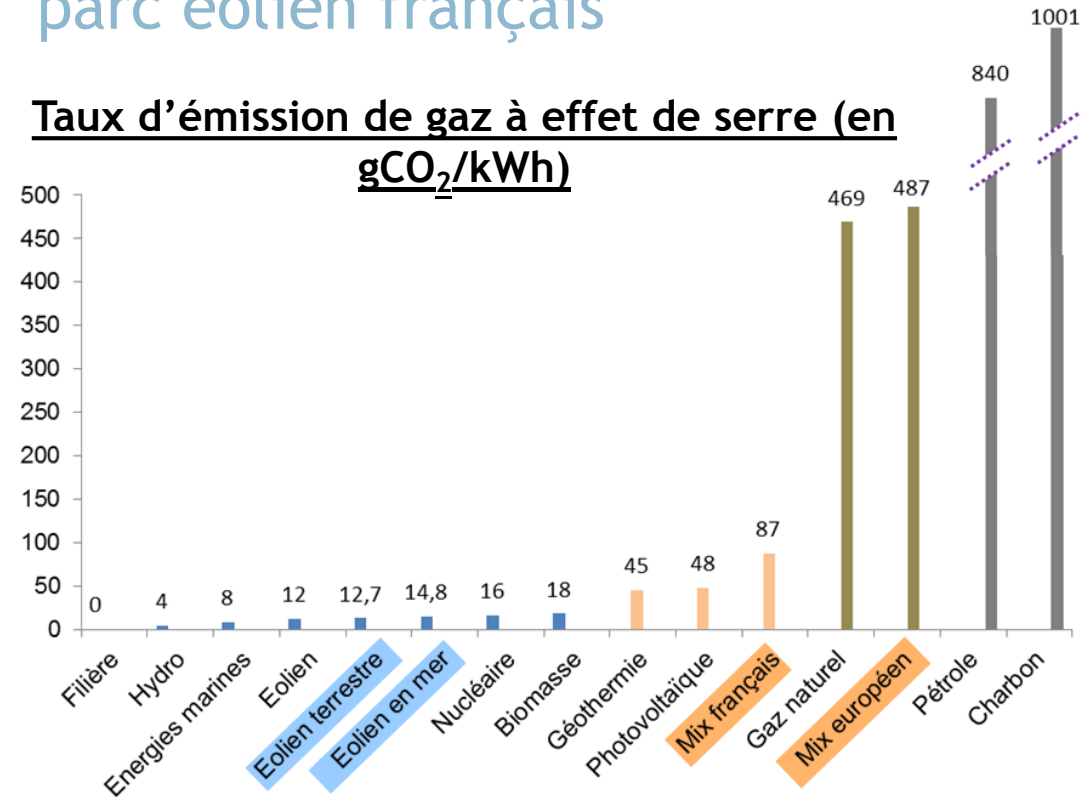
Ecoinvent (données 2011)

Etude Cycleco (2015)

● Taux d'émission moyen :  
**12,7 gCO<sub>2</sub>/kWh**

● Temps de retour  
énergétique : **≤ 1 an**

### Taux d'émission de gaz à effet de serre (en gCO<sub>2</sub>/kWh)



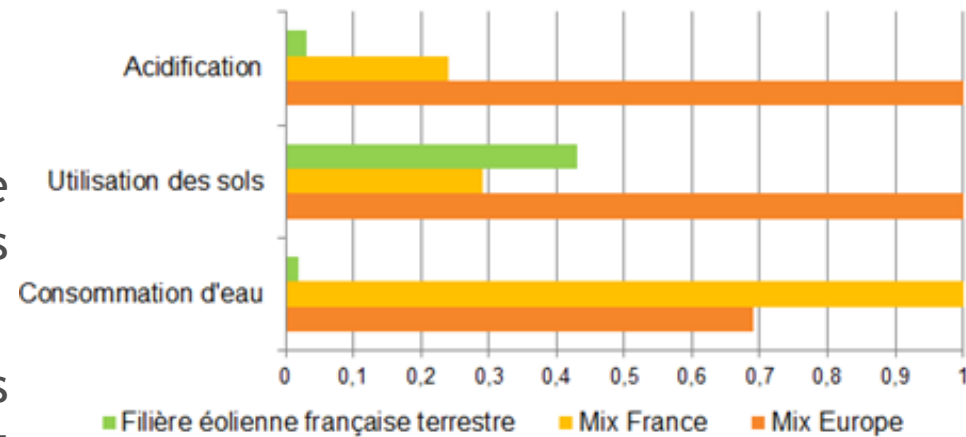
Très bonnes performances (absence d'utilisation de carburant)

Source : ADEME (2016), Synthèse « Impacts environnementaux de l'éolien français »

## ● L'utilisation des sols est le principal point d'attention :

- ➔ on suppose que le sol ne retrouvera pas ses fonctions avant 40 ans
- ➔ les chemins d'accès sont traités comme des routes et représentent ainsi 50 % de l'impact total

**Impacts sur les sols, l'eau et l'air**  
(valeurs relatives pour 1 kWh d'électricité produite)



Comparaison mix électrique français année 2011 :  
0,023 gPM<sub>2,5</sub>/kWh; CCG avec CSC ~1 gPM<sub>10</sub>/kWh

## ● Faibles émissions de particules fines : 0,01 gPM<sub>2,5</sub>/kWh

- Une amélioration continue des connaissances et du porté à connaissances...
  - ➔ Accompagnements de l'ADEME (LPO, UICN, MNHN, FNE...)
  - ➔ Séminaire « éolien et biodiversité »
- ... accompagnée d'une évolution progressive de la prise en compte des enjeux environnementaux dans la réglementation...
  - ➔ Régime ICPE, études d'impacts
  - ➔ Mais aussi élaboration de guides et de protocoles mettant de l'avant les bonnes pratiques
- ... et d'innovations : des projets R&D aux projets IA pour les PME
  - ➔ Systèmes de régulation du fonctionnement des machines en fonction de la présence de chauves-souris
  - ➔ Modélisation et cartographies de zones à enjeux biodiversité
- ... permettant d'assurer une bonne cohérence entre la politique de développement de l'énergie éolienne et celle consistant à stopper la perte de biodiversité.

- Travail de fonds à réaliser dans les prochaines années :
  - ➔ Bilan actuel des connaissances notamment sur EnR et biodiversité
  - ➔ Amélioration/approfondissement des connaissances sur les impacts locaux, leur anticipation et les mesures/dispositifs d'évitement
  - ➔ Quantification des impacts cumulatifs de l'éolien/comparaison avec les impacts des Ch.Cl. et des autres activités humaines :
    - Bâtiments/urbanisme
    - Mobilité (infrastructures, modes de déplacement)
    - Agriculture
    - Industrie (yc. énergie)
  - ➔ Exploration des possibilités offertes par les éoliennes pour l'observation environnementale/météorologique
  - ➔ Définition des meilleures mesures pour éviter, réduire et compenser :
    - Sobriété énergétique/efficacité énergétique en premier lieu 😊



- Etude de la filière éolienne : Bilan, Prospective et Stratégie. ADEME 2017  
<http://www.ademe.fr/etude-filiere-eolienne-francaise-bilan-prospective-strategie>
- Visions Energie-Climat 2035-2050, ADEME 2017  
<http://www.ademe.fr/visions-energie-climat-20302050-modes-vie-demain>
- Caractérisation des innovations technologiques du secteur de l'éolien et maturités des filières. ADEME 2017  
<http://www.ademe.fr/caracterisation-innovations-technologiques-secteur-leolien-maturites-filières>
- Impacts environnementaux de l'éolien français. ADEME 2016  
<http://www.ademe.fr/impacts-environnementaux-leolien-francais>
- Avis ADEME sur l'énergie éolienne, 2016 : <http://www.ademe.fr/energie-eolienne-l-0>
- Opportunité de l'économie circulaire dans le secteur de l'éolien. ADEME 2015  
<http://www.ademe.fr/opportunite-leconomie-circulaire-secteur-leolien>
- Cartographie de la ressource : Wind Atlas. ADEME 2014  
<http://windatlas.ademe.fr>

## Projets en cours avec accompagnement ADEME :

	Nom techno	Espèce visée	Description
<b>Projet APR</b>	Chiroptera	Chauves-souris	Asservissement d'éoliennes intégrant des plages de bridage ou d'arrêt de machine corrélées avec l'activité des chauves-souris
<b>AAP IPME Biodiversité</b>	3DFlightTrack	Oiseaux	Radar 3D par écartométrie pour détecter et pister des vols d'oiseaux migrateurs ou des vols d'oiseaux sédentaires
	Tragus	Oiseaux et chauves-souris	Solution de détection de la faune par l'acoustique en temps réel
	SafeWind Chiro	Chauves-souris	Capteurs thermique pour la détection de chauves-souris en proximité d'éoliennes. Vise à réguler les éoliennes qu'en cas de risque avéré, optimisant le productible éolien et la protection de la biodiversité
	SafeWind	Oiseaux	Détection et enregistrement d'intrusions en zone de risque et les collisions éventuelles



AGIR pour la  
BIODIVERSITÉ

# Eolien et biodiversité

Séminaire  
2017



21 et 22 novembre

Artigues-près-Bordeaux

Merci de votre attention

Remerciements à Robert Bellini et  
Yolène Berrou  
(ingénieurs éolien à l'ADEME)

--

Toute l'ADEME sur

[www.ademe.fr](http://www.ademe.fr)



MINISTÈRE  
DE LA TRANSITION  
ÉCOLOGIQUE  
ET SOLIDAIRE

