

SEPT.  
2017

---

# ÉTUDE SUR LA FILIÈRE ÉOLIENNE FRANÇAISE

## BILAN, PROSPECTIVE, STRATÉGIE

---

Retombées macroéconomiques et  
emploi sectoriel à long terme associés  
au déploiement de l'éolien

---

RAPPORT Partie 2 B

ADEME



Agence de l'Environnement  
et de la Maîtrise de l'Énergie



## CITATION DE CE RAPPORT

**ADEME, E-CUBE Strategy Consultants, I Care & Consult, et In Numeri. 2017. Etude sur la filière éolienne française : bilan, prospective et stratégie. Partie 2B, Retombées macroéconomiques et emploi sectoriel à long terme associés au déploiement de l'éolien, 24 pages.**  
Cet ouvrage est disponible en ligne [www.ademe.fr/mediatheque](http://www.ademe.fr/mediatheque)

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (art. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé de copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par le caractère critique, pédagogique ou d'information de l'œuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.

### **Ce document est diffusé par l'ADEME**

20, avenue du Grésillé  
BP 90406 | 49004 Angers Cedex 01

**Numéro de contrat :** 1505E0008

**Étude réalisée pour le compte de l'ADEME par :** E-CUBE Strategy  
Consultants, I Care & Consult, et In Numeri

**Coordination technique - ADEME :** CALS Guilain  
Direction/Service : Réseaux & énergies renouvelables



## REMERCIEMENTS

### COMITE DE PILOTAGE :

#### ADEME :

Robert BELLINI  
Jean-François BLOT  
Aude BODIGUEL  
Gaël CALLONNEC  
Guilain CALS  
Jack FIOLE  
Mila GALIANO  
Rolland GERARD  
Raphaël GERSON

Vincent GUENARD  
Frédéric GUILLOT  
Samy GUYET  
Bouzid KHEBCHACHE  
David MARCHAL  
Jean-Michel PARROUFFE  
Samuel PUYGRENIER  
Christophe ROGER

#### Direction générale de l'énergie et du climat

Timothée FUROIS  
Victoire LEJZERZON

Sakina MOUHAMAD  
Louis ORTA

#### Direction générale des entreprises

Marc GLITA  
Hervé METEYER

Ludovic PLANTE

#### Syndicat des énergies renouvelables

Paul DUCLOS  
Marion LETTRY

Mathilde MATHIEU

#### France énergie éolienne

Pierre-Albert LANGLOIS  
Sonia LIORET  
Matthieu MONNIER

Lucas ROBIN-CHEVALLIER  
Pierre BOURDIER

#### AMORCE

Thomas DUFFES

Serge NOCODIE

#### OFCE

Gissela LANDA

Aurélien SAUSSAY

#### I Care & Consult

Guillaume NEVEUX  
Julien PAULOU

Valentin VERMEULEN  
Ali Hajjar

#### E-CUBE Strategy Consultants

Alexandre BOUCHET  
Juliette CLICQUOT DE MENTQUE

Etienne JAN

#### IN NUMERI

Guillaume BERTHOIN  
Laurence HAEUSLER  
Anne-Gaëlle MORO-GOUBELY



## ACRONYMES & ABREVIATIONS

<b>CET</b>	Contribution économique territoriale
<b>ETP</b>	Equivalent temps plein
<b>IFER</b>	Imposition forfaitaire sur les entreprises de réseaux
<b>Mtep</b>	Million de tonne-équivalent-pétrole
<b>Mds€</b>	Milliards d'euros
<b>MWh</b>	Mégawattheure
<b>OFCE</b>	Observatoire Français des Conjonctures Economiques
<b>PIB</b>	Produit intérieur brut
<b>TEM</b>	Taxe sur les éoliennes maritimes
<b>TTC</b>	Toutes taxes comprises
<b>TWh</b>	Térawattheure

# TABLE DES MATIERES

Résumé exécutif.....	5
Introduction .....	8
1. Evaluation des retombées macro-économiques de long terme de différents scénarios de déploiement de l'éolien.....	9
2. Emploi dans la filière éolienne : projections sectorielles à long terme .....	18
3. ANNEXE.....	23

## Résumé exécutif

Ce rapport évalue les retombées macro-économiques de long terme associées à différents scénarios de déploiement de l'éolien, pour lesquels, différentes hypothèses sont prises en termes de structuration industrielle de la filière éolienne sur le territoire national et de pénétration de l'éolien en mer dans le mix. Un scénario de référence<sup>1</sup> et trois variantes sont modélisées, à l'aide du modèle macro-économique multisectoriel d'évaluation des politiques énergétiques et environnementales (ThreeME<sup>2</sup>). Des projections de l'emploi sectoriel direct et indirect, et de certaines recettes fiscales locales, sont également produites sur la base de ces différents scénarios.

		Cadrage énergétique	
		Eolien en mer bas	Eolien en mer haut
Cadrage filière	Pas de structuration accrue de la filière française	<b>Scénario de référence</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Part de l'éolien en mer dans l'électricité éolienne à 12% et coût moyen pondéré du MWh éolien bas ;</li> <li>Propension à importer de la filière éolienne constante par rapport à l'historique (50% pour le terrestre et 35% pour le maritime).</li> </ul>	<b>Scénario « Maritime »</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Part de l'éolien en mer dans l'électricité éolienne à 50% et coût moyen pondéré du MWh éolien élevé ;</li> <li>Propension à importer constante</li> </ul>
	Structuration accrue de la filière française	<b>Scénario « Imports faibles »</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Part de l'éolien en mer à 12% ;</li> <li>Propension à importer de la filière éolienne en diminution (10% pour le terrestre et 9% pour l'éolien en mer).</li> </ul>	<b>Scénario « Maritime - imports faibles »</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Part de l'éolien en mer à 50% ;</li> <li>Propension à importer en diminution</li> </ul>

Figure 1 : Description des 4 scénarii de déploiement de l'éolien à horizon 2050

### Un effet sur le produit intérieur brut qui reste négligeable

La comparaison des résultats associés aux différentes variantes montre que les variables macroéconomiques (emploi, produit intérieur brut (PIB), revenu disponible, etc.) sont peu sensibles aux chocs introduits sur la propension à importer de la filière (reflétant une structuration accrue de la filière) et sur ses coûts moyens de production (reflétant une pénétration accrue de l'éolien en mer, plus coûteux), et ce en raison du poids limité de la filière dans l'économie française. Néanmoins, les résultats confirment certaines tendances en termes de direction de ces effets.

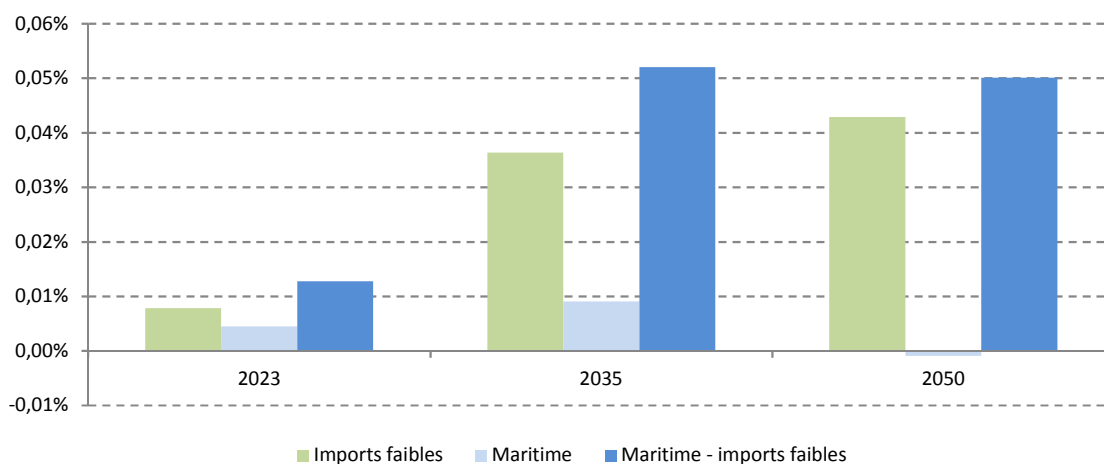


Figure 2 : Evolution du PIB (écart au scénario de référence)

La réduction du taux d'import de la filière éolienne – et donc la localisation accrue de la production sur le territoire national – conduit à un impact expansif sur l'économie française, via l'amélioration de sa balance

<sup>1</sup> Le scénario de référence (détaillé dans le rapport) est celui d'un mix 80% renouvelable correspondant à la variante basse de l'étude « Mix électrique 100% renouvelable ? Analyses et optimisations » (ADEME, 2016).

<sup>2</sup> Outil de modélisation développé par l'Observatoire français des conjonctures économiques, en collaboration avec l'ADEME.



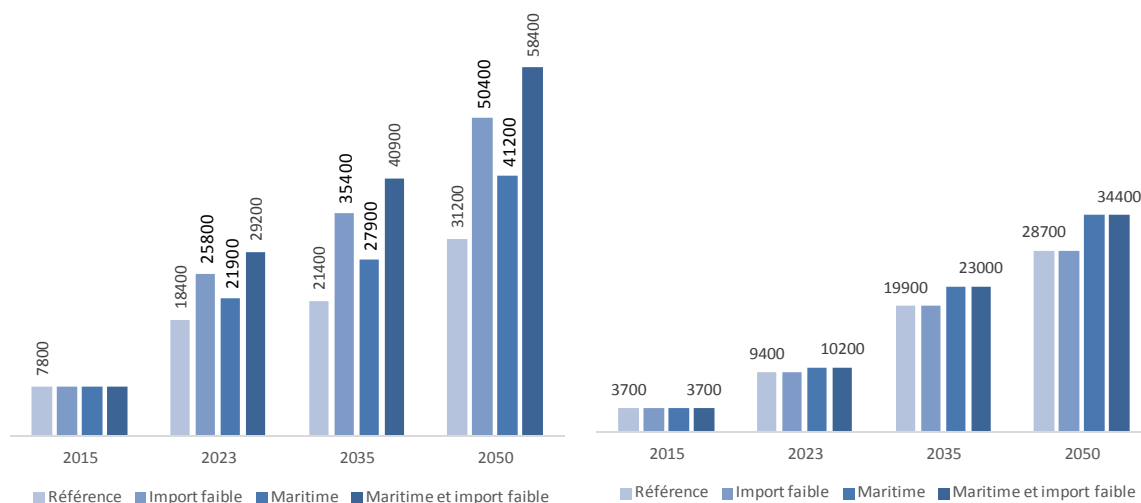
commerciale. Accompagné d'une structuration accrue de la filière sur le territoire, l'accroissement de la part de l'éolien en mer, a un impact macroéconomique positif. L'effet récessif d'un renchérissement de l'électricité est alors plus que compensé par l'effet expansif d'une amélioration de la balance commerciale. L'évolution de la balance commerciale explique la quasi-totalité des impacts constatés précédemment sur le PIB. Toutefois, ces impacts estimés n'ont qu'une magnitude très limitée, en deçà du centième de point de PIB. La localisation de la filière éolienne en France a par ailleurs un impact positif sur l'emploi total.

### Des niveaux de recettes fiscales locales et d'emploi éoliens qui augmentent fortement

D'un point de vue macro-économique, l'examen des trois variantes révèle qu'une structuration accrue de la filière éolienne pourrait représenter un gain net de 10 000 à 13 000 ETP par rapport au scénario de référence, au plus fort de l'intensité du déploiement de la filière entre 2030 et 2035. Le choix de l'éolien en mer n'est facteur d'expansion de l'emploi salarié que s'il est combiné avec une localisation accrue de la filière en France. Ces gains restent négligeables relativement à l'emploi total dans l'économie française.

En revanche, une analyse de l'emploi sectoriel montre des variations significatives, relativement au niveau d'emploi actuel de la filière. A l'horizon 2050, la filière éolienne pourrait représenter 60 000 ETP directs et indirects dans le scénario de référence, dont 29 000 ETP dans l'exploitation et la maintenance et 31 000 ETP dans les activités liées à la phase d'investissements (hors activités orientées à l'exportation), ce qui représenterait un quintuplement par rapport au niveau d'emploi actuel dans la filière (à 11 600 ETP hors exportations). Les emplois de fabrication de composants destinés à être exportés, non comptabilisés dans les projections de cette étude, pourraient constituer une part non négligeable d'emplois supplémentaires.

Par ailleurs, la structuration accrue d'une filière domestique, d'une part, et la proportion plus importante d'éolien en mer, d'autre part, ont tous les deux un effet à la hausse sur les emplois directs et indirects dans la filière. Les hausses observées ne portent néanmoins pas sur des emplois de même nature. Dans le premier cas, ce sont uniquement les emplois liés aux investissements, en particulier industriels, qui sont favorisés. Dans le deuxième cas, le gain porte également sur l'exploitation et la maintenance. Enfin, si on cumule une structuration accrue de la filière à une pénétration plus importante de l'éolien en mer, ce sont environ 93 000 ETP directs et indirects, que la filière pourrait compter à horizon 2050, soit une multiplication par huit du niveau de 2015 (hors exportations).



**Figure 3 : Evolution des ETP directs<sup>3</sup> et indirects<sup>4</sup> liés aux activités d'investissement (gauche) et aux activités d'exploitation-maintenance (droite) dans la filière éolienne, par scénario<sup>5</sup>**

D'autre part, si on suppose le maintien à cet horizon 2050 d'un niveau et d'une forme de fiscalité locale sur les entreprises similaires à l'IFER et à la taxe sur les éoliennes maritimes (TEM), les recettes fiscales pour les collectivités locales seraient en forte hausse sur la période. D'une enveloppe de plus de 70 M€ en 2015,

<sup>3</sup> Emplois liés aux effets directs du déploiement et de l'exploitation des parcs éoliens en France, sur les différents maillons de la chaîne de valeur considérés comme spécifiques à la filière éolienne : développement de projets et études, fabrication de composants, assemblage, transport, génie civil, montage, exploitation et maintenance.

<sup>4</sup> Emplois liés aux consommations intermédiaires non-spécifiques, c'est-à-dire entrant comme biens et services consommés par les maillons compris dans les effets directs.

<sup>5</sup> Les ETP associés aux renouvellement des parcs sont inclus dans les estimations des activités d'investissements.



IFER et TEM pourraient représenter entre 645 M€ (scénario de référence) et 726 M€ (scénario maritime). Une pénétration accrue de l'éolien en mer a un impact limité sur le montant global des recettes, mais voit la part provenant de la TEM passer de 12% à 58%.



## Introduction

Le présent rapport a pour objectif d'évaluer les retombées macroéconomiques nettes à horizon 2050, de différents scénarios (ou variantes) de déploiement de l'éolien, en différentiel les uns par rapport aux autres.

Le rapport décrit tout d'abord le cadrage énergétique général et le scénario de référence qui a été choisi. Il présente ensuite les trois variantes du scénario de référence qui ont été étudiées et qui se distinguent suivant deux axes, la propension à importer de la filière éolienne d'une part et le taux de pénétration de l'éolien en mer d'autre part :

- Imports faibles dans la filière éolienne ;
- Forte pénétration de l'éolien en mer ;
- Forte pénétration de l'éolien en mer et imports faibles dans la filière éolienne.

Le rapport présente enfin les impacts macroéconomiques de ces variantes en comparaison au scénario de référence en termes de production des entreprises, d'emplois, de facture énergétique et donc de consommation, de balance commerciale et de croissance du PIB.

L'analyse présentée dans ce rapport s'appuie sur le modèle macroéconomique ThreeMe.

# 1. Evaluation des retombées macro-économiques de long terme de différents scénarios de déploiement de l'éolien

Dans le cadre de ses travaux prospectifs, l'ADEME se propose régulièrement d'évaluer les retombées macro-économiques de long terme associées à l'atteinte d'objectifs ambitieux de transition énergétique.<sup>6</sup> Dans le cadre de la présente étude, l'ADEME a souhaité creuser un point qui n'avait pas pu l'être jusqu'à aujourd'hui : quelles seraient les retombées macro-économiques de différents scénarios de déploiement de l'éolien terrestre et en mer, pour lesquels, toutes choses étant égales par ailleurs, nous ferions l'hypothèse d'une structuration accrue de la filière éolienne sur le territoire national (c'est-à-dire d'une propension à importer en diminution) ? Les précédents travaux ne faisaient pas d'hypothèses sur l'évolution de la propension à importer des filières et gardaient cette propension constante sur l'horizon étudié.

Le croisement des hypothèses contrastées sur la pénétration de l'éolien en mer et sur la propension à importer, doit permettre de vérifier si l'impact macro-économique d'une structuration accrue de la filière éolienne, autrement dit une diminution de la propension à importer, compense les effets récessifs du renchérissement du coût de l'électricité induit par le regain d'investissement dans l'éolien en mer.

Afin de procéder à cette évaluation, l'ADEME a utilisé un « modèle macro-économique multisectoriel d'évaluation des politiques énergétiques et environnementales » (ThreeME), qu'elle a conjointement développé depuis 2008 avec l'OFCE (Observatoire Français des Conjonctures Economiques), centre de recherche en économie de Sciences Po. ThreeME est un modèle néo-keynésien multisectoriel qui permet d'apprécier l'effet des mesures de politiques publiques sur la production des entreprises, l'emploi et leurs répercussions sur la consommation, les comptes publics et par conséquent sur le revenu national (ou produit intérieur brut - PIB) et leur rétroaction sur le bilan énergétique et les émissions de CO<sub>2</sub>. Le travail réalisé recouvre le territoire métropolitain continental uniquement.

L'évaluation macro-économique réalisée à l'aide du modèle ThreeME permet de déterminer les gains ou les pertes économiques générées par les différentes modalités de structuration de la filière éolienne en France, ainsi que par la part de l'éolien en mer dans son déploiement. L'évolution du nombre d'emplois par branche et par filière de production électrique, ainsi que le poids global du secteur énergétique et du vecteur électrique au sein de l'économie peuvent également être appréciés. Les résultats dépendent à la fois des principes de modélisation retenus, du calibrage de l'année de base et d'un certain nombre d'hypothèses complémentaires.

La présente étude reprend le travail d'analyse réalisé autour du scénario Visions ADEME + 80% EnR, qui conduit à un mix électrique composé à 80% d'électricité d'origine renouvelable en 2050, dont 44% d'éolien. Trois variantes de ce scénario ont été conçues puis évaluées, différenciées par le degré de structuration nationale de la filière éolienne ainsi que par le taux de pénétration de l'éolien en mer.

## 1.1. Un scénario de référence et trois variantes

### 1.1.1. Un scénario de référence

La variante basse de l'étude « Mix électrique 100% renouvelable ? Analyses et optimisations »<sup>7</sup> (ADEME, 2016), qui conduit à un mix électrique à 80% renouvelable en 2050, donne le cadrage énergétique au scénario de référence auquel les variantes étudiées seront comparées.

Ce scénario étant décrit en détail dans l'étude citée ci-dessus, nous n'en proposons qu'un bref rappel dans le présent paragraphe. La demande d'énergie finale totale est ramenée à 83 Mtep en 2050. 80% de l'électricité consommée (ainsi que 69% de l'énergie) y est tirée de sources EnR, les 20% restant étant fournis par des sources thermiques (fossiles et nucléaire).

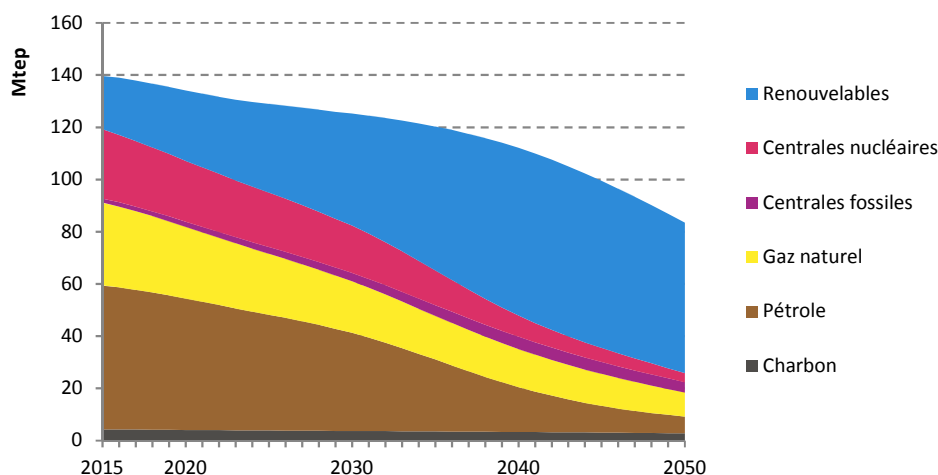
<sup>6</sup> Par exemple, relativement récemment : ADEME. Mix électrique 100% renouvelable à 2050. Evaluation macro-économique. Juin 2016.

<sup>7</sup> <http://www.ademe.fr/mix-electrique-100-renouvelable-analyses-optimisations>



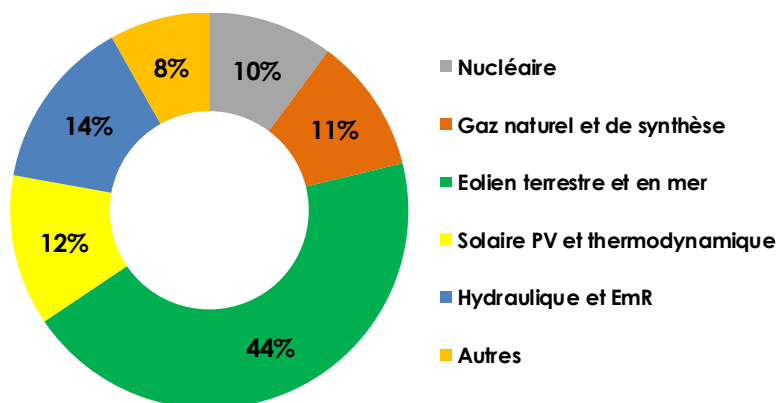
	Consommation		Part EnR	
	Energie (finale)	Electricité (finale)	Energie (finale)	Electricité (finale)
<b>Visions + 80% EnRE</b>	83 Mtep	34 Mtep	69%	80%

**Tableau 1 : Consommation finale d'énergie et d'électricité et parts EnR, en 2050**



**Figure 4: Evolution du mix en Mtep d'énergie finale**

Au sein du mix électrique c'est l'éolien terrestre et en mer qui tient une place centrale, apportant plus de 44% de la production totale d'électricité en 2050, contre 17% pour le solaire photovoltaïque et thermodynamique.



**Figure 5 : Mix électrique 80% EnRE**

### 1.1.2. Trois variantes croisant des hypothèses sur la pénétration de l'éolien en mer et une structuration accrue de la filière éolienne française

Trois variantes sont déclinées à partir de ce scénario de référence. Celles-ci se distinguent suivant deux axes :



- La propension à importer de la filière éolienne, estimée à 50% pour le terrestre et 35% pour l'éolien en mer, et ramenée, à horizon 2030, à 10% pour le terrestre et 9% pour l'éolien en mer dans le cas d'une plus structuration française de la filière ;
- Le taux de pénétration de l'éolien en mer, limité à 12% de la production d'électricité éolienne totale dans la version de référence du scénario 80% EnRE, et amenée à 50% à horizon 2050 dans les trajectoires de forte pénétration.

Le Tableau 2 résume les principales hypothèses qui distinguent les différentes variantes.

		Cadrage énergétique	
		Eolien en mer bas	Eolien en mer haut
Cadrage filière	Pas de structuration de la filière FR	<p><b>Scénario de référence</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Part de l'éolien en mer dans l'électricité éolienne à 12% et coût moyen pondéré du MWh éolien bas ; et</li> <li>• Propension à importer de la filière éolienne constante par rapport à l'historique (50% pour le terrestre et 35% pour le maritime).</li> </ul>	<p><b>Scénario « Maritime »</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Part de l'éolien en mer dans l'électricité éolienne à 50% et coût moyen pondéré du MWh éolien élevé ; et</li> <li>• Propension à importer de la filière éolienne constante par rapport à l'historique (50% pour le terrestre et 35% pour le maritime).</li> </ul>
	Structuration accrue de la filière FR	<p><b>Scénario « Imports faibles »</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Part de l'éolien en mer dans l'électricité éolienne à 12% et coût moyen pondéré du MWh éolien bas ; et</li> <li>• Propension à importer de la filière éolienne en diminution (10% pour le terrestre et 9% pour l'éolien en mer).</li> </ul>	<p><b>Scénario « Maritime - imports faibles »</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Part de l'éolien en mer dans l'électricité éolienne à 50% et coût moyen pondéré du MWh éolien élevé ; et</li> <li>• Propension à importer de la filière éolienne en diminution (10% pour le terrestre et 9% pour l'éolien en mer).</li> </ul>

**Tableau 2 : Description des 4 scénarii de déploiement de l'éolien à horizon 2050**

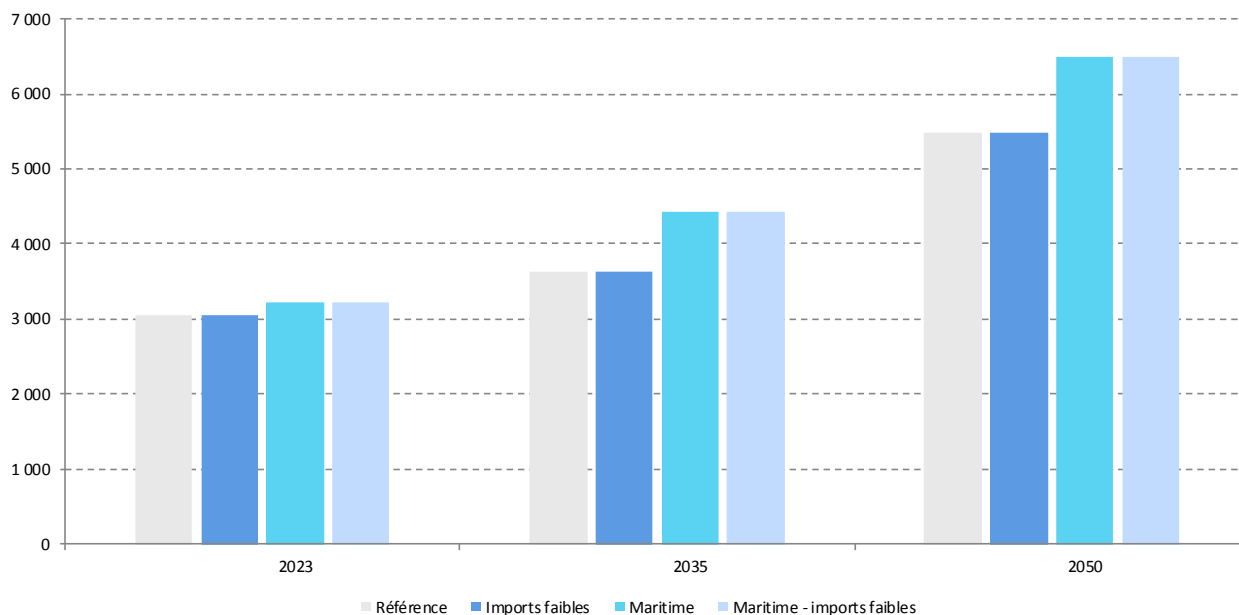
Les hypothèses concernant l'intensité du déploiement de l'éolien en mer conduisent à une composition différenciée de la production d'électricité d'origine éolienne selon les variantes. Le tableau ci-dessous précise les puissances installées cumulées correspondantes pour respectivement l'éolien terrestre et l'éolien en mer. La part de l'éolien en mer permet d'établir un coût moyen de production du MWh éolien, pondéré pour la part occupée par l'éolien en mer, distincte pour chaque variante. Cette estimation, conjuguée aux chroniques de déploiement du scénario 80% EnRE, permet ensuite d'établir les chroniques d'investissements qui permettent de représenter explicitement chacune des variantes dans le modèle ThreeMe.

<b>Eolien en mer bas</b>	<b>2015</b>	<b>2023</b>	<b>2035</b>	<b>2050</b>
Terrestre	10	21	50	74
En mer	0	1	5	7
<b>Eolien en mer haut</b>	<b>2015</b>	<b>2023</b>	<b>2035</b>	<b>2050</b>
Terrestre	10	20	34	42
En mer	0	1	15	28

**Tableau 3 : Puissances installées cumulées correspondantes d'éolien terrestre et en mer**

Si on croise en suite ces informations avec la propension à importer (hors exploitation-maintenance) de la filière, on peut faire apparaître la part des investissements qui correspond à de l'activité domestique, et celle qui correspond à de l'activité étrangère.



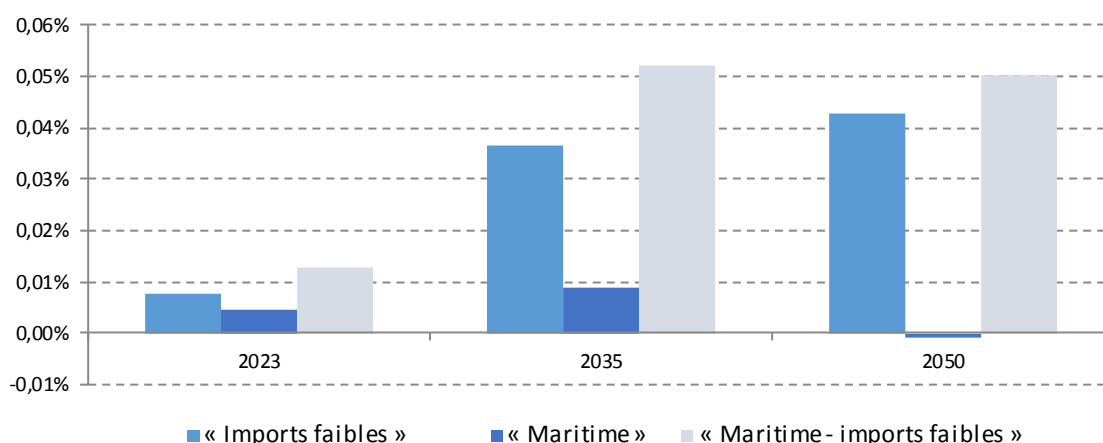


**Figure 6 : Trajectoire de CAPEX éolien (en millions d'euros) par scénario**

En raison de coûts d'investissement plus élevés par MWh, la pénétration de l'éolien en mer conduit à une trajectoire d'investissement plus importante pour les scénarios « Maritime ». En 2050, ce surcoût se traduit par un supplément d'approximativement 6,5 Mds€ contre 5,5 Mds€ pour le scénario de référence, soit une hausse du besoin d'investissement de presque 20%.

## 1.2. Résultats : des retombées macro-économiques contrastées mais faibles

### 1.2.1. Des impacts sur le PIB extrêmement faibles



**Figure 7 : Evolution du PIB (écart au scénario de référence)**

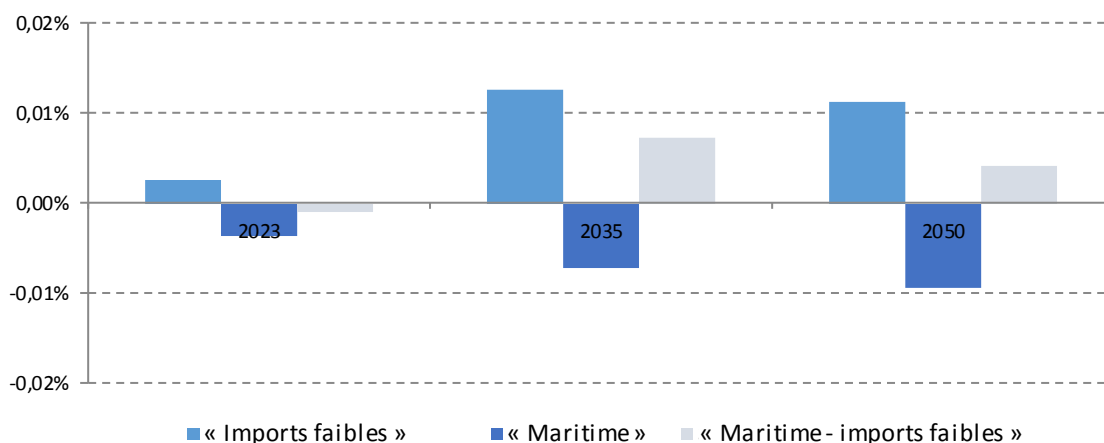
Les impacts sur le PIB des différentes variantes s'avèrent extrêmement faibles, y compris au maximum de leur amplitude, entre 0,01% et 0,04% de point de PIB (soit quelques *centièmes* de pourcentage de PIB). Il faut donc avant tout souligner que ni la localisation de la filière éolienne, ni la part de l'éolien en mer ne modifient profondément le coût et les bénéfices macroéconomiques attendus du scénario de référence.

Toutefois, une analyse détaillée de ces impacts très minimes révèle deux enseignements principaux. Tout d'abord, la réduction du taux d'import de la filière éolienne – et donc sa plus grande localisation sur le territoire

national – conduit à un impact expansif sur l'économie française. A contrario, l'accroissement de la part de l'éolien en mer, toutes choses égales par ailleurs, renchérit très légèrement le coût du scénario – si bien que lorsque cette pénétration plus importante se conjugue avec une propension à importer de la filière éolienne inchangée, l'impact macroéconomique global devient légèrement négatif, à moins d'un centième de point de PIB.

Une fois encore, il convient toutefois de relativiser l'importance de cet impact très légèrement récessif, dont la magnitude n'est quasiment pas mesurable. Il faut enfin souligner que cet effet est intégralement compensé dans le cas d'une structuration de la filière sur le territoire national – la plus forte pénétration de l'éolien en mer conduisant alors à l'inverse à un léger gain de PIB.

### 1.2.2. Les impacts sur le PIB reflètent l'évolution de la balance commerciale

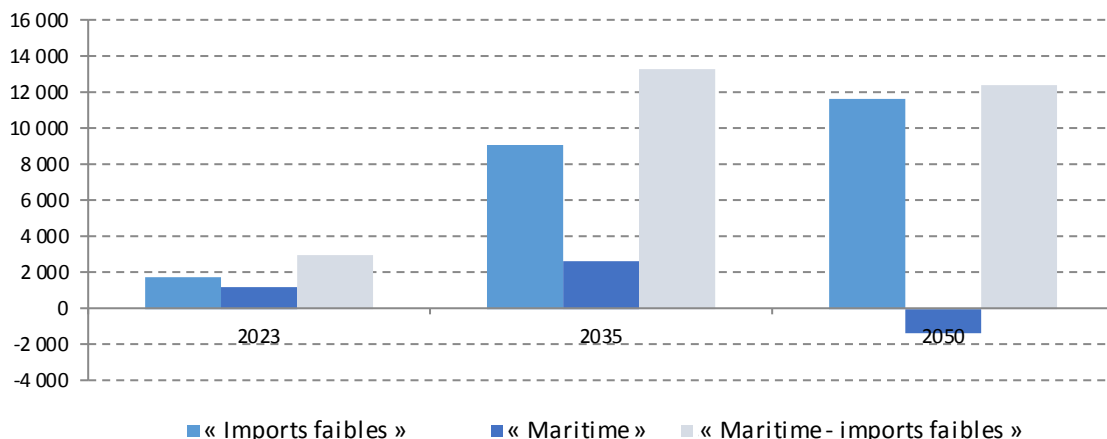


**Figure 8 : Balance commerciale (écart au scénario de référence en % de PIB)**

L'évolution de la balance commerciale explique la quasi-totalité des impacts mineurs constatés précédemment sur le PIB. Dans le scénario « Imports faibles », une meilleure structuration de la filière éolienne en France conduit à produire une plus large part de la capacité à installer sur le territoire national, et réduit donc nos besoins d'importation : le déficit commercial se réduit et la balance commerciale s'améliore.

A l'inverse, le surcoût occasionné par le recours à l'éolien en mer se traduit par une dégradation de la balance commerciale si celui-ci n'est pas accompagné par une structuration accrue de la filière éolienne en France. Toutefois, les impacts estimés sont une fois encore d'une magnitude très limitée, en deçà du centième de point de PIB : ni la structure de la filière éolienne nationale, ni un recours important à l'éolien en mer ne viennent remettre en cause la viabilité macroéconomique du scénario de référence telle qu'estimée lors de la précédente étude.

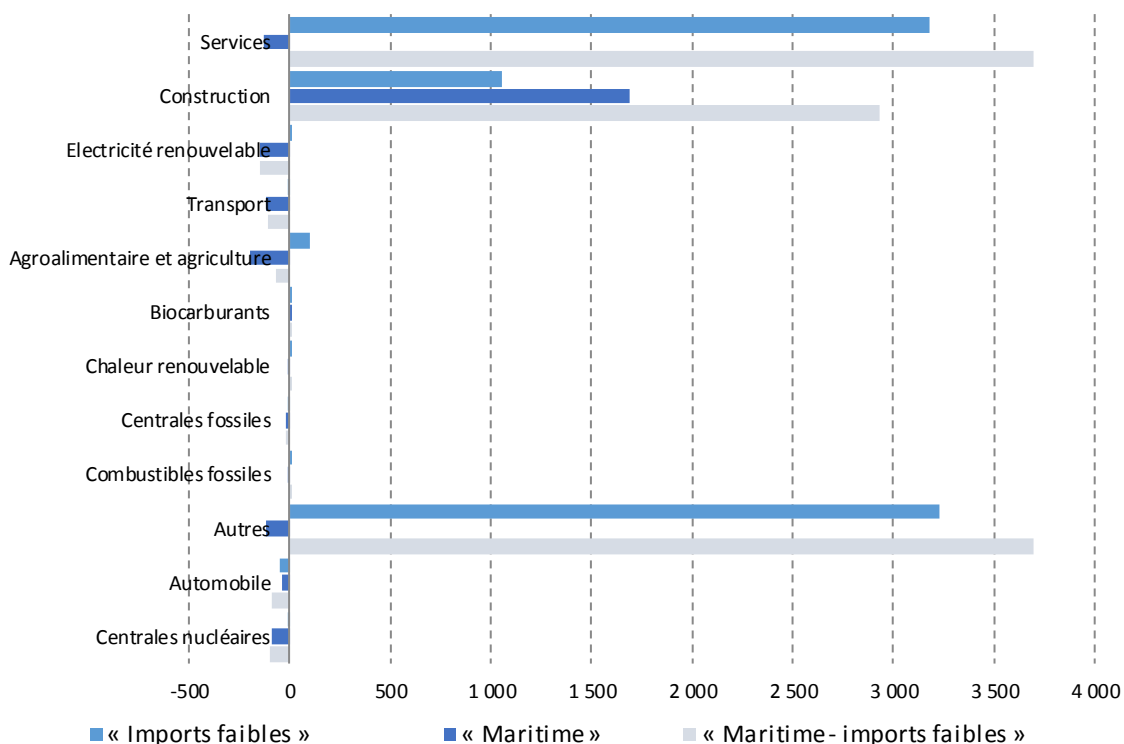
### 1.2.3. Une évolution de l'emploi contrastée



**Figure 9 : Emploi net (en équivalent temps plein (ETP), en écart au scénario de référence)**

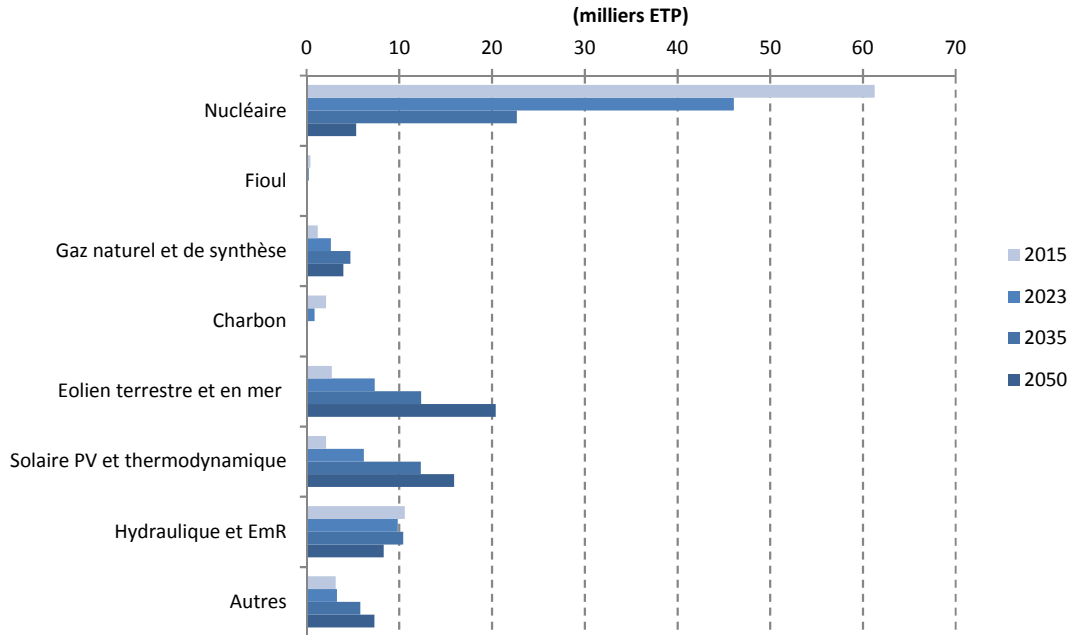
La localisation de la filière éolienne en France est créatrice d'emplois. L'examen des trois variantes révèle que jusqu'à 13 000 ETP pourraient être créés au plus fort de l'intensité du déploiement de la filière entre 2030 et 2035 dans le cas le plus favorable. Le choix de l'éolien en mer n'est facteur d'expansion de l'emploi salarié que s'il est combiné avec une localisation accrue de la filière en France.

En revanche, malgré un impact positif au pic de déploiement autour de 3 300 emplois, une plus forte pénétration de l'éolien en mer sans structuration d'une filière nationale conduit à une réduction limitée de l'emploi salarié de l'ordre de 3 500 ETP en fin de période. Cet impact sur l'emploi reflète directement la très modeste réduction de PIB observée dans la section précédente.



**Figure 10 : Emploi sectoriel net en 2030 (ETP, en écart au scénario de référence)**

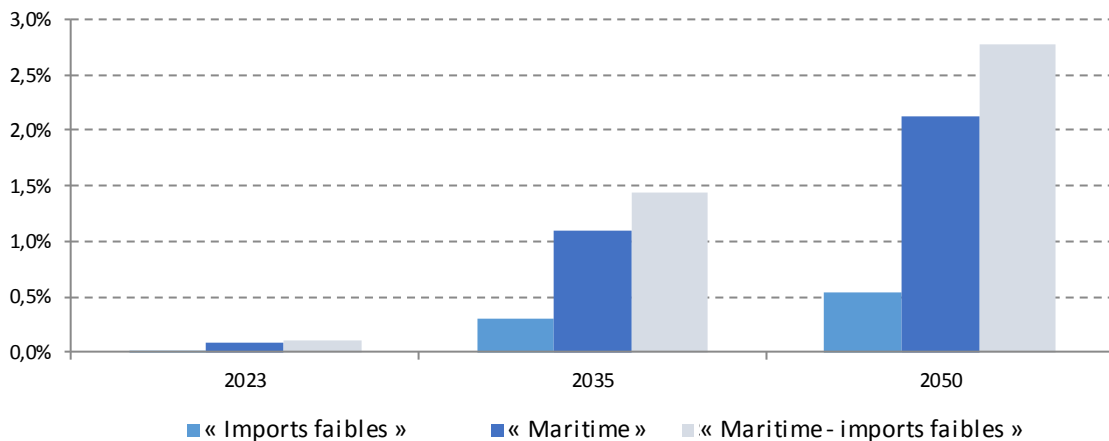
En termes d'impacts sectoriels, les services, la construction et les industries manufacturières (ici regroupées sous le label « Autres » au sein de la Figure 10) sont les principaux bénéficiaires d'une structuration accrue de la filière éolienne en France. Il convient toutefois de souligner à nouveau la modestie des impacts mesurés, ne dépassant pas de 3 000 à 3 500 emplois dans les secteurs les plus favorisés au plus fort de l'effort de développement de la filière en 2030.



**Figure 11 : Evolution de l'emploi total par filière électrique<sup>8</sup> dans le scénario « Imports faibles »**

Enfin, un focus sur les différentes filières du secteur électrique révèle une redistribution progressive de l'emploi conforme aux conclusions de l'étude « Evaluation Macro-Économique Mix Électrique 100% Renouvelable à 2050 ». La filière nucléaire voit le nombre total d'emplois d'exploitation-maintenance réduit à moins de 10 000 ETP à l'horizon 2050, quand les secteurs éoliens et solaires dépassent les 20 000 et 15 000 ETP d'exploitation-maintenance respectivement en fin de scénario – contre moins de 3 000 postes en 2015.

#### 1.2.4. Un très léger renchérissement du prix de l'électricité

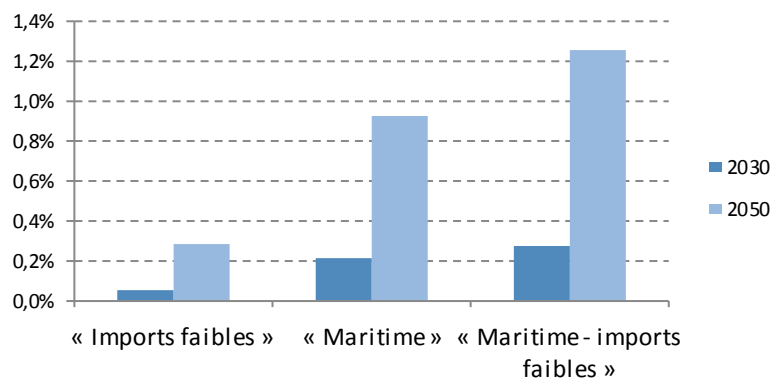


**Figure 12 : Evolution du prix TTC de l'électricité (en écart au scénario de référence)**

<sup>8</sup> Ces estimations ne comprennent que les ETP impliqués dans l'exploitation et la maintenance, à l'exclusion des emplois occasionnés par les investissements notamment. En particulier, les activités de démantèlement et de stockage des déchets nucléaires ne sont pas intégrés à la modélisation faute d'estimations fiables.



On observe un prix de l'électricité très légèrement plus élevé dans chacune des variantes. Cette augmentation reste toutefois très contenue, même dans le cas d'une forte pénétration de l'éolien en mer où l'augmentation ne dépasserait pas 2,8% en 2050. Une plus grande localisation de la filière en France conduit également à un renchérissement quasi négligeable comme l'illustre son très faible impact sur le coût de l'électricité.



**Figure 13 : Evolution de la facture énergétique des ménages (en écart au scénario de référence)**

Le choix d'une production nationale de matériel éolien, tout comme le recours accru aux installations en mer ne constituent donc pas une menace pour la compétitivité du prix de l'électricité en France. Même le choix d'une pénétration accrue de l'éolien en mer et avec une production de turbines localisée principalement sur le territoire national ne conduirait qu'à une augmentation de la facture énergétique des ménages de 1,2% en 2050. Ces augmentations très marginales sont par ailleurs largement à relativiser : celles-ci s'inscrivent en effet en différentiel au scénario de référence qui intègre déjà une quasi division par deux de la facture énergétique des ménages à l'horizon 2050 par rapport à un contrefactuel « business-as-usual ».

### 1.2.5. Des recettes fiscales locales en hausse via l'IFER

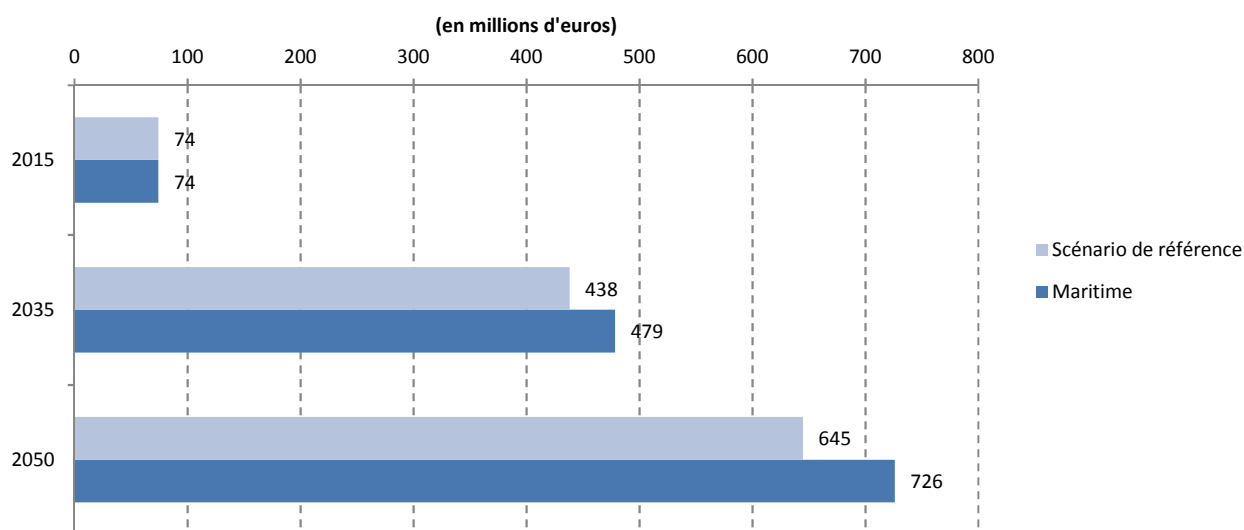
L'éolien, comme toute activité économique implantée sur un territoire, génère des revenus fiscaux locaux : taxes foncières, contribution économique territoriale (CET) et imposition forfaitaire sur les entreprises de réseaux (IFER)<sup>9</sup>. L'IFER, créée par la loi de finance de 2010, constitue la principale composante des revenus fiscaux éoliens terrestres perçus par les collectivités locales, à près de 65% du total de ces revenus.<sup>10</sup> Nous avons donc voulu estimer ce que ces scénarios de déploiement éolien pourraient représenter en termes de recettes fiscales collectées via l'IFER pour les collectivités.

L'IFER est payé annuellement par l'exploitant et son montant est un montant forfaitaire en kW de puissance électrique installée. Le montant forfaitaire est établi chaque année par voie réglementaire : il a augmenté graduellement depuis 2010, suivant un taux proche de celui de l'inflation, passant de 7 000 €/MW en 2010 à 7 340 €/MW en 2016. La taxe sur les éoliennes maritime (TEM) est quant à elle fixée à 14 813 €/MW installé.

<sup>9</sup> La taxe sur les éoliennes maritimes constitue l'équivalent pour l'éolien en mer, de l'IFER pour l'éolien terrestre.

<sup>10</sup> AMORCE. Fiscalité éolienne : règles générales et répartition au sein du bloc communal. Septembre 2016





**Figure 14 : Volume d'IFER et TEM (millions d'euros)**

En supposant que les taux de ces deux taxes restent stables en € constants sur la période, les recettes fiscales associées pour les collectivités locales devraient être en forte hausse sur la période. Le taux de pénétration de l'éolien en mer a un impact limité sur le montant global des recettes sur la période (+9,3% en 2035 et +12,6% en 2050, dans le scénario Maritime), mais impacte fortement la répartition de ces recettes entre l'IFER et la TEM. Dans le scénario de référence les recettes IFER et TEM sont de 645 M€ à horizon 2050, soit presque 800% d'augmentation par rapport à 2015, et la part de la TEM dans les recettes totales est de 16%. Dans le scénario « Maritime » les recettes supplémentaires sont de 726 M€, soit quasiment 900% d'augmentation, et la part de la TEM dans le total est de 58% en fin de période.

## 2. Emploi dans la filière éolienne : projections sectorielles à long terme

Les sections suivantes sont consacrées à une présentation de projections concernant les emplois associés à la filière éolienne française, dans le cadre de différents scénarios de déploiement de la filière. Ces emplois sont répartis selon :

- les emplois directs<sup>11</sup> dans chaque maillon de la chaîne de valeur,
- les emplois indirects<sup>12</sup> générés par l'activité de chaque maillon de la chaîne de valeur.

L'analyse conduite adopte une approche sectorielle qui ne vise donc pas à tirer d'enseignement sur le niveau global de l'emploi ou sur le niveau d'emploi dans d'autres filières et secteurs d'activité. Notons que les emplois liés aux exportations sont exclus de ces évaluations, car les incertitudes entourant le niveau des exportations de la filière à moyen et long terme sont importantes et difficilement quantifiables.

Par ailleurs, la structure de coûts, les ratios d'ETP et les propensions à importer par maillons de la chaîne de valeur retenus pour estimer les ETP de l'éolien en mer, correspondent à des valeurs estimées pour l'éolien en mer posé. Nous ne disposons pas des données à ce stade pour intégrer l'éolien flottant de manière explicite et contrastée dans les projections réalisées.

### 2.1. Description de l'approche

L'évaluation des emplois directs et indirects est issue du modèle IN NUMERI, dont le principe est exposé en annexe du rapport 1.A (ou tâche 2) de la présente étude.

Les trajectoires d'investissements annuels sont basées sur les hypothèses d'évolutions du productible et du rythme annuel d'installations de MW d'éolien terrestre, d'une part, et d'éolien en mer, d'autre part, comme présentées en Figure 15 ci-dessous. Il est important de noter que les rythmes annuels d'installations incluent le renouvellement des puissances arrivant en fin de vie : en supposant une durée de vie de 20 ans, le renouvellement représente environ la moitié des investissements en 2050. Ces hypothèses sont cohérentes avec le cadrage énergétique de l'évaluation macroéconomique discutée dans les sections précédentes.

Ce cadrage énergétique contient deux variantes :

- Une variante « éolien en mer bas » dans laquelle la part de l'éolien en mer dans la production d'électricité éolienne atteint 12% à horizon 2050 ; et
- Une variante « éolien en mer haut » dans laquelle celle-ci atteint 50% de la production d'électricité éolienne à l'horizon 2050.

Sur la base de ce cadrage énergétique, quatre scénarii sont analysés, à partir d'un croisement de ces deux variantes avec des variantes portant sur le taux d'importation. Dans le premier cas, on suppose le taux d'importation des deux filières terrestre et en mer constant sur la période considérée : 50% pour le terrestre, 35% pour l'éolien en mer. Dans le deuxième cas, on suppose un taux d'importation qui décroît à horizon 2030, pour se stabiliser sur la période 2030-2050, à 10% pour le terrestre, 9% pour l'éolien en mer, traduisant une montée en charge d'usines locales, ainsi que des prestataires maritimes pour répondre aux besoins des investissements et de la maintenance.

---

<sup>11</sup> Emplois liés aux effets directs du déploiement et de l'exploitation des parcs éoliens en France, sur les différents maillons de la chaîne de valeur considérés comme spécifiques à la filière éolienne : développement de projets et études, fabrication de composants, assemblage, transport, génie civil, montage, exploitation, et maintenance

<sup>12</sup> Emplois liés aux consommations intermédiaires non-spécifiques, c'est-à-dire entrant comme biens et services consommés par les maillons compris dans les effets directs.



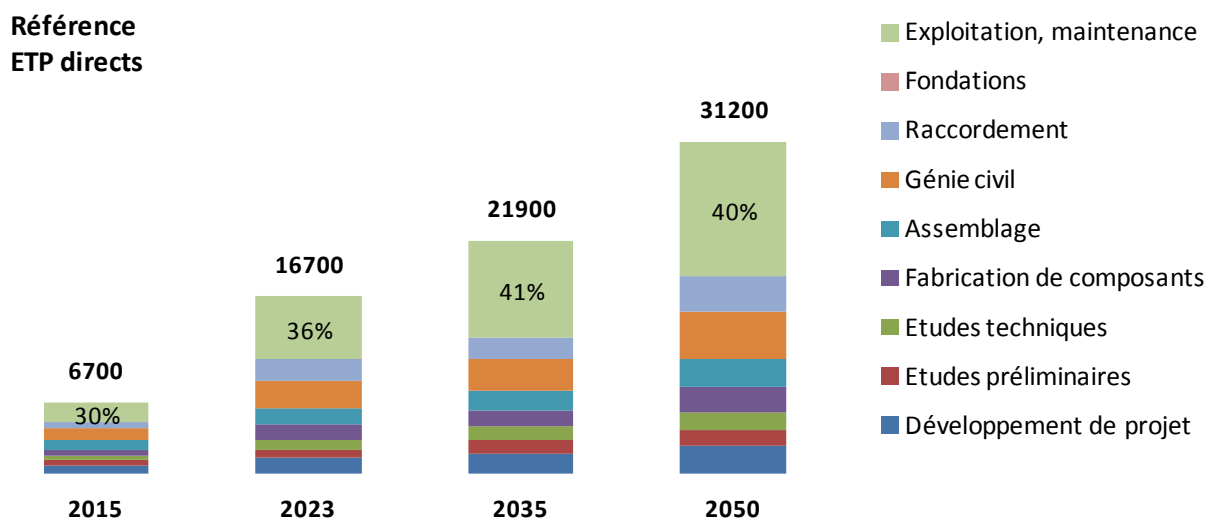
Eolien en mer bas		2015	2023	2035	2050
Productible en TWh					
Terrestre		15.7	46.7	105.0	151.7
En mer posé		0.0	4.4	14.5	20.8
Puissances installées en GW					
Terrestre		1	1.6	2,6	3,4
	<i>Dont repowering</i>	0	0	0,7	1,7
En mer posé		0.0	0.3	0.2	0.4
	<i>Dont repowering</i>	0	0	0	0,2
Total		1	1.9	2.8	3.8
	<i>Dont repowering</i>	0	0	0.7	1,9

Eolien en mer haut		2015	2023	2035	2050
Productible en TWh					
Terrestre		15.7	40.3	69.8	86.2
En mer posé		0.0	10.8	49.7	86.2
Investissements en termes de GW installés					
Terrestre		1	1	1,5	1,4
	<i>Dont repowering</i>	0	0,7	0,7	0,7
En mer posé		0	0,6	1	1,4
	<i>Dont repowering</i>	0	0	0,7	0,7
Total		1	1,6	2,5	2,8
	<i>Dont repowering</i>	0	0,7	1,4	1,4

Figure 15 : Hypothèses d'évolution des investissements et productibles dans les filières éoliennes terrestres et en mer posé selon les scenarii.

## 2.2. Evolution des ETP directs à horizon 2050 suivants différents scénarios de déploiement et de structuration de la filière



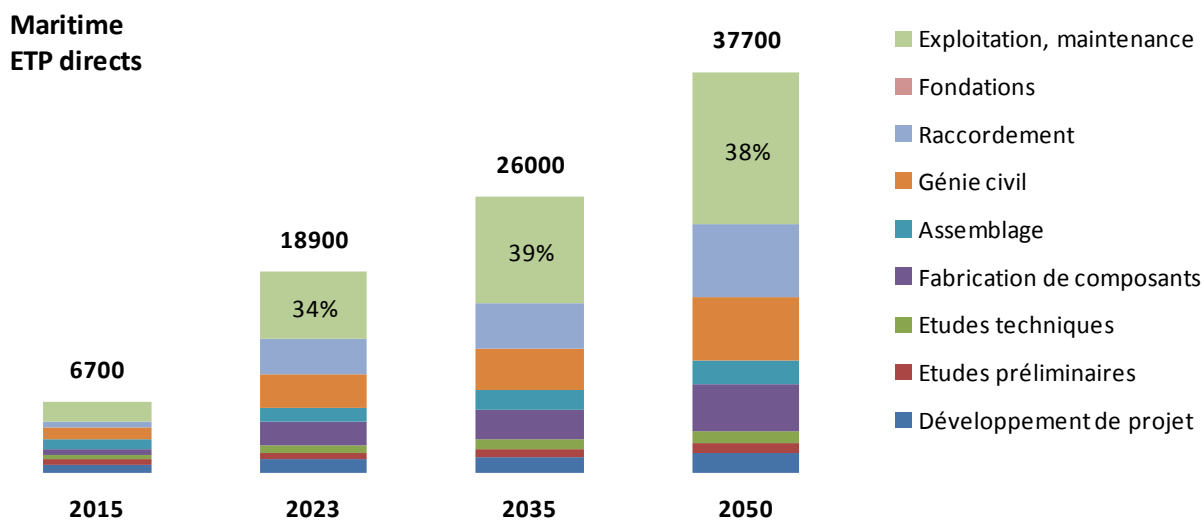
Note : les activités de « Fondations » comprennent les activités de fabrication et de pose des gros composants de fondations de l'éolien posé. Pour le scénario de référence, il a été supposé que ces travaux très spécialisés nécessitent l'intervention de spécialistes étrangers. Les activités de pose des fondations des éoliennes terrestres sont comprises dans « Génie civile ».

Figure 16 : Evolution des emplois directs par maillon dans les filières éoliennes dans le scénario de référence.

Dans le scénario de référence, les emplois directs liés aux activités éoliennes, hors exportation, pourraient passer de 6 700 ETP en 2015 à 31 200 ETP à l'horizon 2050, soit un quasi quintuplement. La part de ces emplois associée aux activités d'exploitation-maintenance passerait elle de 30% à 40% sur la période. Parmi

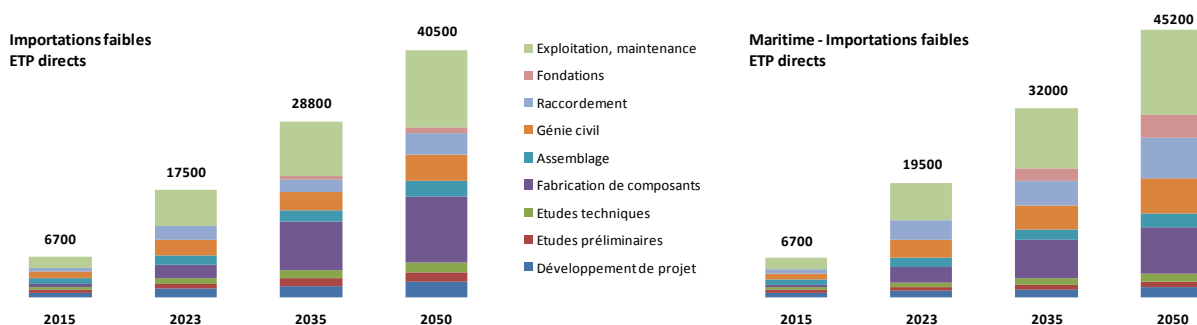
les emplois liés aux investissements, les deux principaux gisements d'emplois sont les activités de génie civil et de raccordement, car les activités de fabrication de turbines sont historiquement faibles en France. Rappelons cependant qu'il existe actuellement un nombre non négligeable d'emplois dans les activités de fabrications de composants destinés à être exportés, non présents dans le schéma ci-dessus.

Les trois scénarios alternatifs aboutissent chacun à des niveaux d'emploi dans la filière qui sont supérieurs à ce qui est estimé pour le scénario de référence.



**Figure 17 : Evolution des emplois directs par poste dans les filières éoliennes dans le scénario « maritime ».**

L'installation d'éoliennes en mer implique un coût d'investissement plus élevé (en €/TWh) et surtout une structure de coût où les travaux d'études préliminaires, de construction et raccordement l'emportent très largement sur les coûts de matériel éolien lui-même. Or, ces activités sont majoritairement réalisées par des entreprises françaises. Le taux d'importation global de l'éolien en mer est historiquement inférieur à celui de l'éolien terrestre. De plus, des usines sont déjà implantées dans l'Ouest de la France pour répondre à une demande de composants et turbines d'éoliennes en mer, emplois pris en compte dans le modèle. Globalement, on aboutit dans le scénario « Maritime » à 38 000 ETP directs à l'horizon 2050, soit 6 500 emplois supplémentaires par rapport au scénario de référence.



**Figure 18 : Evolution des emplois directs par poste dans les filières éoliennes dans les scénarii avec restructuration de la filière**

L'hypothèse d'une structuration accrue de la filière avec localisation progressive de la production à l'horizon 2015 conduit à créer un nombre important d'emplois dans la filière éolienne, principalement dans la fabrication de composants. Le scénario « Imports faibles » aboutit à un niveau d'emploi dans la filière de 40 500 ETP directs à horizon 2050, soit 9 300 ETP supplémentaires par rapport au niveau de l'emploi dans le scénario de référence. Le scénario « Maritime – imports faibles » aboutit quant à lui à 45 200 ETP directs, soit 7 300 ETP directs supplémentaires par rapport au scénario « Maritime », principalement dans la fabrication d'éoliennes ainsi que dans la fabrication de fondations.

La conjonction d'une structuration accrue de la filière et d'une part importante de l'éolien en mer posé pourrait donc être à l'origine d'une croissance de presque 700% de l'emploi de la filière éolienne, soit à horizon 2050 14 000 ETP supplémentaires par rapport à l'emploi direct dans le scénario de référence. Au-delà du niveau de l'emploi on voit aussi la répartition de ces emplois par maillon évoluer fortement d'un scénario à l'autre à horizon 2050 : en proportion l'emploi associé à l'exploitation-maintenance, au développement de projet et aux études est plus faible passant de 59% dans le scénario de référence, à 41% dans le scénario « Maritime – imports faibles » ; les emplois associés aux activités de génie civil et raccordement augmentent légèrement, passant de 25% à 28% ; les emplois industriels associés à la fabrication de composants et à l'assemblage des fondations et des turbines, en revanche, passent de 16% à 31%. La structuration accrue de la filière bénéficiera donc avant tout aux activités industrielles de la filière.

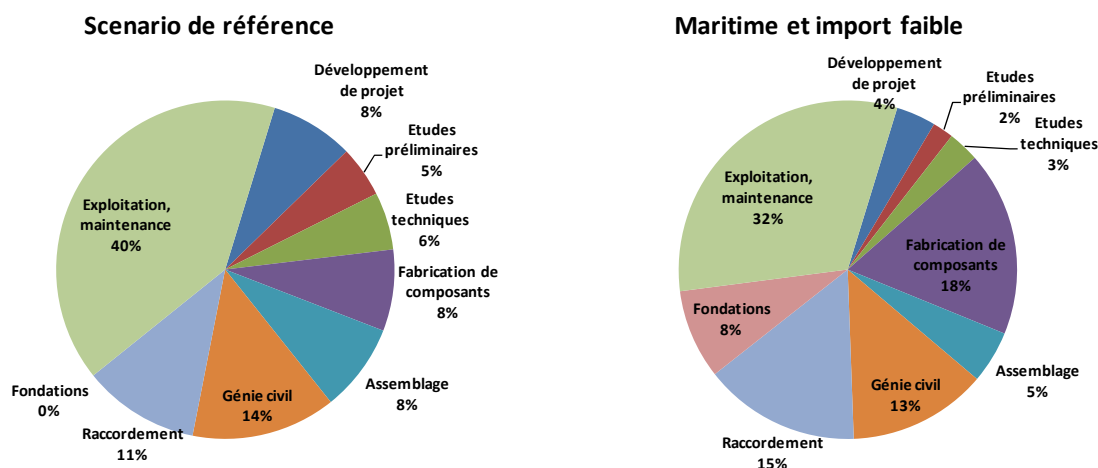
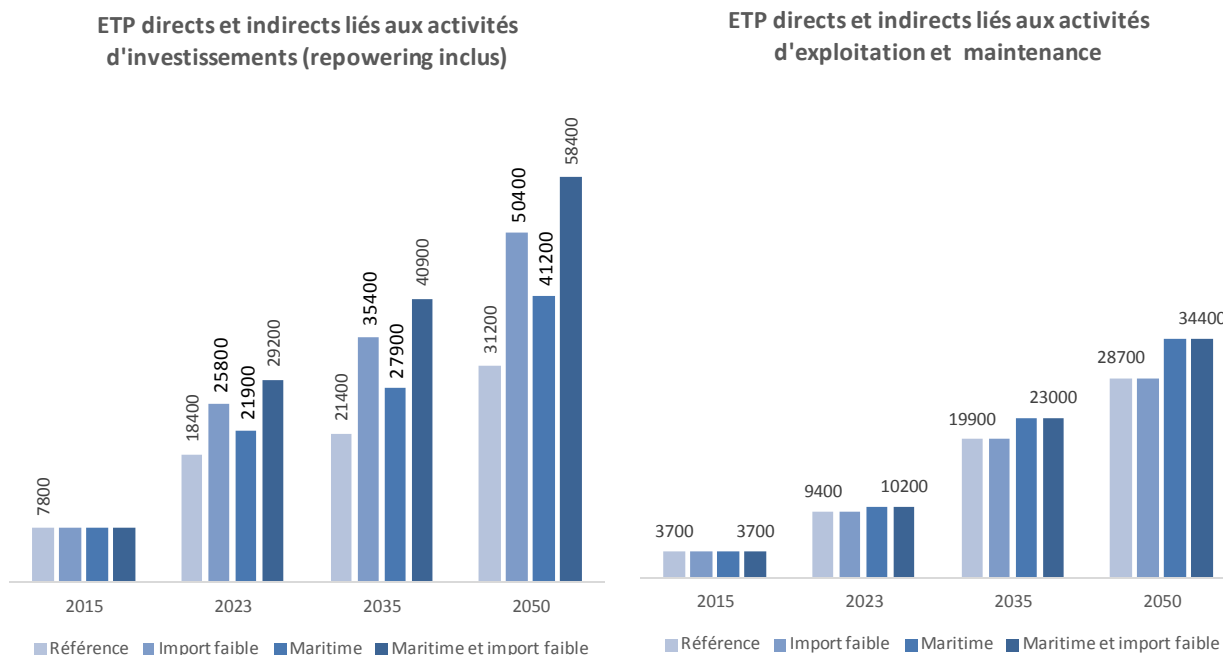


Figure 19 : Comparaison de la répartition des emplois directs par poste entre le scénario de référence et le scénario « maritime et faibles importations »

### 2.3. D'un triplement à un quintuplement des ETP directs et indirects éoliens à horizon 2050

Les évaluations précédentes décrivaient les seuls emplois directs de la chaîne de valeur. Si l'on élargie le périmètre de l'analyse aux emplois indirects associés au marché éolien français, c'est-à-dire aux emplois nécessaires à la production de l'ensemble des consommations intermédiaires nécessaires au déploiement et à l'exploitation-maintenance du parc français, à l'horizon 2050, dans le scénario de référence, la filière éolienne pourrait représenter 60 000 ETP directs et indirects, dont 29 000 ETP dans l'exploitation et la maintenance et 31 000 ETP dans les activités liées à la phase d'investissements (hors activités orientées à l'exportation).





**Figure 20 : Evolution des ETP directs et indirects liés aux investissements et à l'exploitation-maintenance, par scénario**

La structuration accrue d'une filière domestique, d'une part, et la proportion plus importante d'éolien en mer, d'autre part, ont tous les deux un effet à la hausse sur les emplois directs et indirects dans la filière :

- le scénario « import faible » conduit à une hausse des ETP totaux de 19 000 à l'horizon 2050 par rapport au scénario de référence
- le scénario « Maritime » conduit quant à lui à une hausse de 16 000 ETP

Il faut noter que ces deux hausses comparées ne portent pas sur des emplois de même nature. Dans le premier cas, ce sont uniquement les emplois liés aux investissements qui sont favorisés, dans le deuxième cas, le gain porte également sur l'exploitation et la maintenance.

Enfin, si on cumule une structuration accrue de la filière à une pénétration plus importante de l'éolien en mer, une hausse encore plus importante de l'emploi de la filière est observable. Sous ces hypothèses, les ETP associés au marché éolien domestique français pourraient s'élever, à horizon 2050, à environ 93 000 ETP directs et indirects, soit 33 000 de plus que dans le scénario de référence. Parmi ces ETP filière supplémentaires, 27 000 seraient associés à des activités d'investissement et 6 000 seraient associés aux activités d'exploitation-maintenance.

Selon le scénario considéré, et sachant que le marché éolien domestique représente aujourd'hui 11 500 ETP directs et indirects, on pourrait donc assister à une multiplication des ETP par un facteur de 5 voire 8, à horizon 2050. Et c'est sans compter les ETP associés à la production d'équipements destinés aux marchés exports qui représentent aujourd'hui 6 500 ETP directs et indirects. Aucune projection sur les ETP associés à la production exportée n'est réalisée en raison d'incertitudes trop élevées.

### 3. ANNEXE

#### Hypothèses sur les taux d'importation

Les taux d'importation utilisés, pour chacun des points de passage, dans les scénarios à taux d'importations constants sont les taux d'importations calculés pour 2015 (et représentés dans les colonnes « Inchangés » dans le tableau ci-dessous).

Pour les scénarios représentant une structuration accrue de la filière, les taux d'importation décroissent à horizon 2030 puis restent stables. Ainsi les taux d'importation des points de passage 2030, 2035 et 2050 restent identiques (et peuvent être retrouvés dans les colonnes « Imports faibles » dans le tableau ci-dessous). Enfin, les taux d'importation pour 2023 sont calculés par interpolation linéaire entre les niveau 2015 et 2030.

	Terrestre		Maritime	
	Inchangé	Import faible	Inchangé	Import faible
Etudes préliminaires	0%	0%	50%	50%
Etudes de construction	20%	0%	20%	20%
Mâts	80%	5%	20%	20%
Pâles	95%	10%	0%	0%
Composants structure	95%	5%	95%	95%
Gros composants électriques	95%	5%	50%	50%
Composants électriques CPA-	75%	48%	67%	67%
Assemblage	0%	0%	0%	0%
Génie civil	0%	0%	0%	0%
Raccordements	0%	0%	0%	0%
Fondations (éolien en mer)	100%	100%	100%	0%

Figure 21. Taux d'importation 2050 par éléments de la chaîne de valeur selon les scénarii





## L'ADEME EN BREF

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME) participe à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable. Elle met ses capacités d'expertise et de conseil à disposition des entreprises, des collectivités locales, des pouvoirs publics et du grand public, afin de leur permettre de progresser dans leur démarche environnementale. L'Agence aide en outre au financement de projets, de la recherche à la mise en œuvre et ce, dans les domaines suivants : la gestion des déchets, la préservation des sols, l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, les économies de matières premières, la qualité de l'air, la lutte contre le bruit, la transition vers l'économie circulaire et la lutte contre le gaspillage alimentaire.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle conjointe du ministère de la Transition Écologique et Solidaire et du ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche et de l'Innovation.  
supérieur et de la Recherche.

### LES COLLECTIONS DE L'ADEME



#### ILS L'ONT FAIT

*L'ADEME catalyseur* : Les acteurs témoignent de leurs expériences et partagent leur savoir-faire.



#### EXPERTISES

*L'ADEME expert* : Elle rend compte des résultats de recherches, études et réalisations collectives menées sous son regard.



#### FAITS ET CHIFFRES

*L'ADEME référent* : Elle fournit des analyses objectives à partir d'indicateurs chiffrés régulièrement mis à jour.



#### CLÉS POUR AGIR

*L'ADEME facilitateur* : Elle élabore des guides pratiques pour aider les acteurs à mettre en œuvre leurs projets de façon méthodique et/ou en conformité avec la réglementation.



#### HORIZONS

*L'ADEME tournée vers l'avenir* : Elle propose une vision prospective et réaliste des enjeux de la transition énergétique et écologique, pour un futur désirable à construire ensemble.





# ETUDE SUR LA FILIÈRE ÉOLIENNE FRANÇAISE : BILAN, PROSPECTIVE ET STRATÉGIE

**Résumé** Avec une puissance installée de l'ordre de 12 000 MW à fin décembre 2016, la filière éolienne française se situe, aujourd'hui après 15 années de soutien public, au 4<sup>e</sup> rang européen. Et les ambitions sont élevées : la Programmation Pluriannuelle de l'Energie (PPE) officialisée fin 2016 prévoit, en estimation basse, un doublement de la capacité installée d'ici à 2023, confortant le rôle majeur tenu par l'éolien dans la stratégie hexagonale de transition énergétique.

Les perspectives liées à la filière sont donc encourageantes, d'autant plus qu'un développement ambitieux du parc représente une opportunité majeure de développement économique au niveau national, et une source de fiscalité locale à même de soutenir la redynamisation de territoires ruraux. Pour cela, il est primordial de faire du déploiement de l'éolien une opportunité de développement socio-économique aux niveaux national comme territorial. Les projections réalisées montrent que l'emploi dans la filière pourrait atteindre entre 60 000 ETP et 93 000 ETP directs et indirects (hors exportations) à horizon 2050 (entre 40 000 et 75 000 ETP à horizon 2035).

D'autre part, si on suppose le maintien à cet horizon 2050 d'un niveau et d'une forme de fiscalité locale sur les entreprises similaires à l'imposition forfaitaire sur les entreprises de réseau (IFER) et à la taxe sur les éoliennes maritimes (TEM), les recettes fiscales pour les collectivités locales seraient en forte hausse sur la période. D'une enveloppe de plus de 70 M€ en 2015, IFER et TEM pourraient représenter entre 645 M€ (scénario de référence) et 726 M€ (scénario maritime). Une pénétration accrue de l'éolien en mer a un impact limité sur le montant global des recettes, mais voit la part provenant de la TEM passer de 12% à 58%.

**En produisant ces données, l'ADEME souhaite alimenter le débat public sur les questions stratégiques et techniques entourant le développement de l'éolien en France. Destiné à l'ensemble des acteurs impliqués, cet ouvrage vise à accompagner les décideurs politiques dans leur travail d'élaboration, de suivi, et d'évaluation des politiques de soutien à la filière.**

## *Essentiel à retenir*

*Un déploiement ambitieux de la filière éolienne, pourrait mener à ce que l'emploi dans la filière atteigne entre 60 000 ETP et 93 000 ETP directs et indirects (hors exportations) à horizon 2050 (entre 40 000 et 75 000 ETP à horizon 2035) et à ce que les montants d'IFER et de TEM collectés au niveau local passent de 70 M€, en 2015, à 700 M€ en 2050.*

ADEME



Agence de l'Environnement  
et de la Maîtrise de l'Energie

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

