



RAPPORT

Juin 2020

Évaluation et analyse de la contribution des énergies renouvelables à l'économie de la France et de ses territoires



SOMMAIRE

ÉDITORIAL	1
UN DYNAMISME ECONOMIQUE FORT ET UNE VALEUR ESSENTIELLEMENT GÉNÉRÉE EN FRANCE	6
DES BENEFICES POUR LA FRANCE BIEN SUPERIEURS AUX SOUTIENS PUBLICS	8
UNE DISTRIBUTION DES RETOMBEES ECONOMIQUES DANS L'ENSEMBLE DES TERRITOIRES	10
DES OBJECTIFS ET UNE POLITIQUE INDUSTRIELLE RENFORCÉS POURRAIENT GENERER 21 % DE VALEUR ADDITIONNELLE	15
PANORAMA DE L'ENSEMBLE DES FILIERES	19
HYDROELECTRICITE	22
EOLIEN TERRESTRE	24
EOLIEN EN MER	26
SOLAIRE PHOTOVOLTAIQUE	30
SOLAIRE THERMIQUE	34
METHANISATION	36
BOIS DOMESTIQUE	38
BOIS COLLECTIF TERTIAIRE ET INDUSTRIEL	40
GEOOTHERMIES	42
AEROTHERMIE	44
BIOCARBURANTS	46
APPROCHE GENERALE	48
HYPOTHESES PAR FILIERE	50
Hydroélectricité	50
Eolien terrestre	52
Eolien en mer posé	54
Eolien en mer flottant	56
Solaire photovoltaïque	58
Solaire thermique	60
Méthanisation	62
Bois domestique	64
Bois collectif/tertiaire et industriel	66
Géothermies	68
Aérothermie	70
Biocarburants	72
RESULTATS PAR REGION	74
Auvergne Rhône Alpes	74
Bourgogne Franche Comté	75
Bretagne	76
Centre Val de Loire	77
Grand Est	78
Hauts de France	79
Île de France	80
Normandie	81
Nouvelle Aquitaine	82
Occitanie	83
Pays de la Loire	84
Provence Alpes Côte d'Azur	85
RETOMBEES FISCALES (en millions d'euros)	86
LES OBJECTIFS HAUTS DE LA PPE ET SCENARIO SER	87
BIBLIOGRAPHIE	88

ÉDITORIAL

Les différentes enquêtes d'opinion montrent de manière récurrente que les Français sont très majoritairement favorables aux énergies renouvelables.

Néanmoins, certains s'interrogent encore sur les retombées économiques réelles liées au développement de ces énergies. Face à ce questionnement légitime, le Syndicat des énergies renouvelables (SER) a décidé d'analyser, avec l'aide du cabinet EY, la contribution des énergies renouvelables à l'économie de notre pays et de ses territoires.

Afin d'éclairer le débat public, nous avons étudié quatre indicateurs (création d'emplois, création de valeur ajoutée, retombées fiscales et impact sur la facture énergétique) et modélisé leur évolution sur l'ensemble de la période de la Programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE), véritable feuille de route énergétique de la France pour les dix prochaines années.

Cet exercice nous a également donné l'occasion de confronter ce « scénario PPE » à deux autres scénarios alternatifs. Le premier de ces deux scénarios est construit à partir d'objectifs renouvelables plus ambitieux, élaborés par le SER et ses adhérents à l'occasion du débat public sur la PPE (scénario « SER »). Le second a vocation à mesurer l'impact d'une politique industrielle encore plus affirmée en matière d'énergies renouvelables (scénario « politique industrielle renforcée »). Ces différentes analyses démontrent que, au-delà des bénéfices en matière de lutte contre le changement climatique, d'indépendance énergétique et de santé publique, les énergies renouvelables apportent aujourd'hui une contribution essentielle à l'économie de la France, et apporteront encore davantage demain.

Bonne lecture.



Jean-Louis BAL,
Président du SER

MESSAGES CLÉS

1

Le développement des énergies renouvelables tel que prévu par la Programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) va générer un très fort dynamisme économique avec l'atteinte en 2028 de 24 milliards d'euros de valeur ajoutée brute en France, soit plus de 10 % de la valeur ajoutée créée actuellement par le secteur industriel.

2

L'emploi est le premier bénéficiaire de cette activité économique, les salaires correspondant à environ 50 % de la valeur ajoutée créée. Les énergies renouvelables représenteront 264 000 emplois (Équivalent temps plein – ETP) directs et indirects en 2028.

3

La valeur ajoutée créée par le développement des énergies renouvelables profite essentiellement à l'économie nationale avec plus de 80 % de la valeur économique localisée en France.

4

Les retombées fiscales et la valeur ajoutée générées par les énergies renouvelables sont bien supérieures aux montants des soutiens publics qui leur sont consacrés. Chaque euro de soutien public investi dans les énergies renouvelables génère en moyenne 2 euros de valeur ajoutée en 2019.

5

Les énergies renouvelables jouent un rôle important dans l'amélioration de la facture énergétique de la France : elles ont permis d'économiser 4,6 milliards d'euros d'importations en énergies fossiles en 2019 dans les secteurs de la chaleur et des transports.

6

Les territoires sont très largement bénéficiaires du développement des énergies renouvelables. Les retombées fiscales des énergies renouvelables vers les collectivités locales sont estimées à 1 milliard d'euros en 2019, et à 1,6 milliard d'euros en 2028. Près d'un tiers de ces retombées bénéficie directement aux communes et intercommunalités.

7

Une ambition plus forte en matière d'objectifs renouvelables dans la PPE se traduirait par une création de valeur supplémentaire de 21 milliards d'euros sur la période 2019-2028, soit 10 % en plus par rapport à la trajectoire PPE.

8

La contribution des énergies renouvelables à l'économie française peut encore être renforcée à travers une stratégie de densification du tissu industriel français. Augmenter le contenu local des différentes filières renouvelables en diminuant les importations par deux et diminuer la part du marché gris dans la filière bois domestique générerait 20 milliards d'euros de valeur ajoutée supplémentaire.

RECOMMANDATIONS

1 | Garantir la pérennité des filières renouvelables existantes et le respect des trajectoires de développement des énergies renouvelables définies dans la PPE

La modélisation menée dans cette étude le montre : mettre en œuvre les objectifs de la Programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) se traduira par des retombées économiques majeures pour la France. Il est donc fondamental de poursuivre les efforts entrepris ces dernières années afin d'accompagner l'accélération du développement des énergies renouvelables et de respecter les trajectoires de la PPE : poursuite des efforts de simplification réglementaire engagés afin de réduire au maximum le temps de développement des projets ; anticipation accrue des besoins de renforcement des réseaux ; développement et stabilisation d'un cadre économique favorable au déclenchement d'investissements par nature capitalistiques ; mise en place d'une politique de formation et de gestion des compétences répondant aux besoins des acteurs des filières pour concrétiser les ambitions de la PPE.

2 | Accroître le niveau d'ambition de la PPE pour exploiter pleinement le potentiel de création de valeur des énergies renouvelables

Rehausser le niveau d'ambition de la PPE, à horizon 2023 et 2028, en ligne avec les gisements identifiés par le SER, se traduirait par des retombées économiques additionnelles. Les ajustements futurs de la PPE devront se concentrer sur un renforcement des objectifs dans le gaz renouvelable, l'éolien en mer, le bois énergie domestique et la géothermie.

3 | Mettre en place une stratégie de densification du tissu industriel local

Aujourd'hui, 80 % de la valeur créée par le développement des énergies renouvelables profite à l'économie nationale. Une marge de progression reste toutefois possible à travers la mise en place d'une stratégie de densification du tissu industriel français. Celle-ci peut passer par différents axes, et notamment :

- ◆ Une démarche de structuration de filière, à l'image du programme Windustry initié par le SER, afin d'identifier et de renforcer le tissu des fournisseurs de biens et services, qui sont souvent des PME ;
- ◆ Un processus de suivi du contenu local, à l'image des démarches engagées dans le Comité stratégique de filière pour les Nouveaux systèmes énergétiques ;
- ◆ La mise en place, dans le cadre du Pacte productif, d'un environnement fiscal permettant aux entreprises d'investir plus facilement dans la transition énergétique ;
- ◆ Le développement d'une offre de formation qui permette de répondre aux besoins de compétences nouvelles identifiées sur le terrain.

CHAMP DE L'ETUDE

L'objectif principal de l'étude est d'apporter des éléments quantitatifs sur la contribution du développement des énergies renouvelables à l'économie de la France et de ses territoires sur la période 2019–2028. Pour ce faire, l'impact économique des filières pour lesquelles des volumes sont prévus dans la Programmation pluriannuelle de l'énergie a été modélisée. Les retombées économiques des technologies absentes de la PPE n'entrent pas dans le périmètre de cette étude.

L'étude a cherché à répondre aux questions suivantes :

Quelle sera la valeur créée par le développement des énergies renouvelables en France ?

L'étude a quantifié l'impact économique direct et indirect lié au développement des énergies renouvelables en suivant la trajectoire haute de la PPE. Quatre indicateurs économiques ont été quantifiés : les emplois (mesurés en Équivalent temps plein, ETP) ; la valeur ajoutée brute (appelée valeur ajoutée dans la suite du document) ; les retombées fiscales ; l'impact des filières chaleur et biocarburants sur la facture énergétique.

La valeur économique créée est-elle positive ?

L'étude a comparé la valeur ajoutée générée par les énergies renouvelables sur la décennie à venir par rapport aux montants du soutien aux énergies renouvelables tels qu'estimés par la PPE. L'étude a aussi analysé la manière dont les filières chaleur et biocarburants permettaient de limiter les importations d'énergies fossiles et de limiter ainsi la facture énergétique de la France.

Comment la valeur se distribue-t-elle dans les territoires ?

L'étude a régionalisé les quatre indicateurs économiques estimés initialement à l'échelle nationale. Cette régionalisation a été faite pour chacune des filières et par maillon de la chaîne de valeur. L'étude a aussi quantifié les retombées fiscales générées par le développement des énergies renouvelables en distinguant les prélèvements obligatoires allant vers l'Etat de ceux collectés par les régions, les départements et les communes.

Comment maximiser la valeur générée et renforcer le tissu industriel français ?

- ♦ Le scénario de référence suit la trajectoire haute de la PPE et reflète le tissu industriel français actuel. Ces résultats ont ensuite été comparés à deux scénarios alternatifs afin d'analyser les retombées économiques complémentaires pour les territoires en cas de politiques publiques plus ambitieuses :
- ♦ Le premier scénario alternatif analysé est le « scénario SER » qui comporte des trajectoires de développement d'énergies renouvelables plus fortes que la PPE. Ce scénario a été élaboré par le SER et ses adhérents à l'occasion du débat public sur la PPE (« Révision de la Programmation pluriannuelle de l'énergie », janvier 2018, SER).
- ♦ Le deuxième scénario alternatif mesure l'impact des effets de levier potentiels engendrés par les objectifs du scénario SER couplés à une politique industrielle renforcée qui augmenterait la part de contenu local et diminuerait les taux d'importations associés au développement des énergies renouvelables en France. Afin d'alimenter le débat public, l'hypothèse retenue est celle d'une diminution des importations par deux des différents maillons de la chaîne de valeur, dans la limite d'un taux d'importation minimum de 5 %.

Filières étudiées



Biocarburants



Éolien terrestre



Méthanisation
En cogénération et injecté



Bois énergie
Domestique, industriel, collectif et tertiaire



Géothermie



Pompes à chaleur



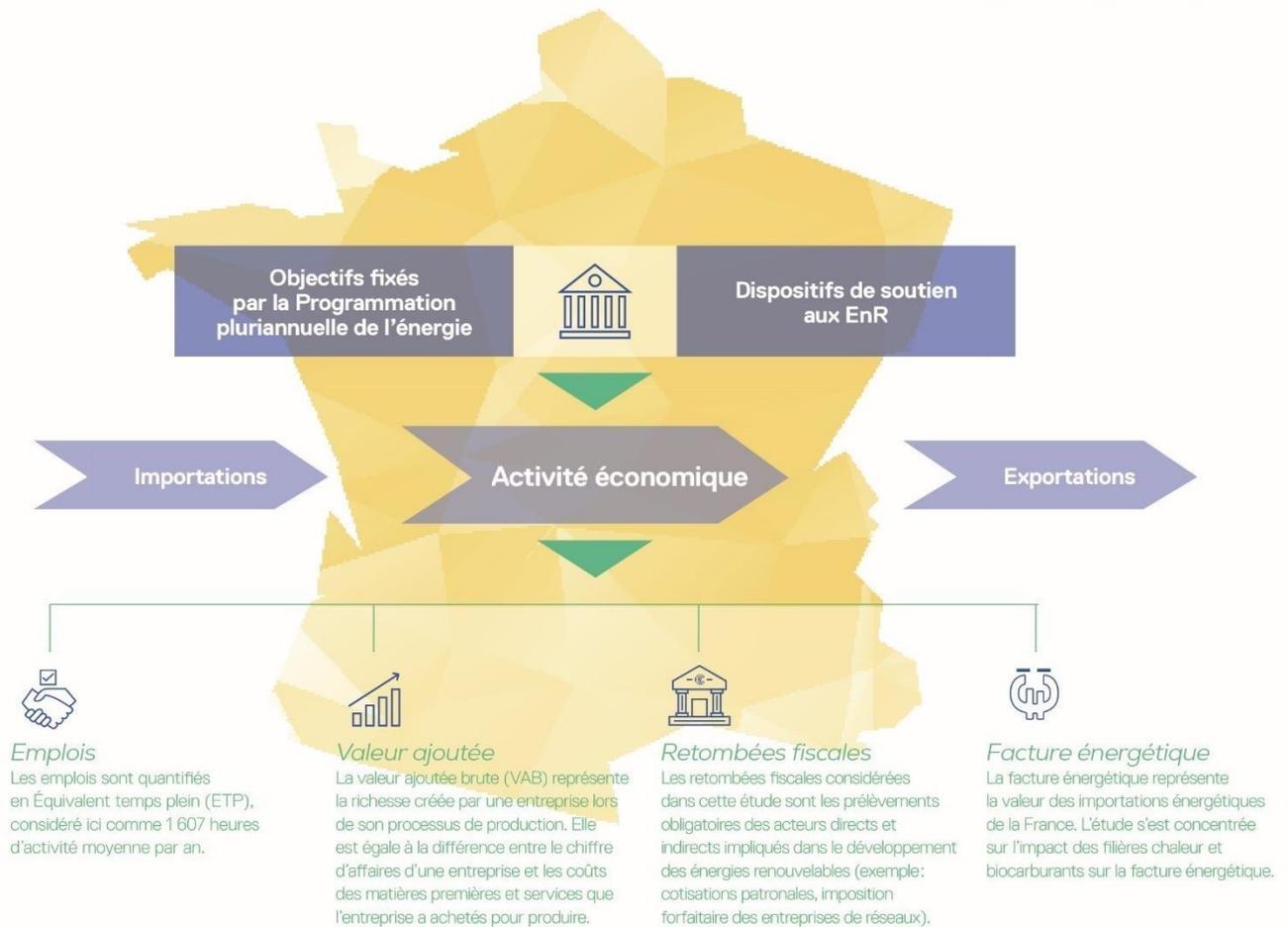
Éolien en mer flottant et posé



Hydroélectricité



Solaire
Photovoltaïque et thermique



Chaîne de valeur directe



Chaîne de valeur indirecte



RESULTATS POUR L'ENSEMBLE DES FILIERES

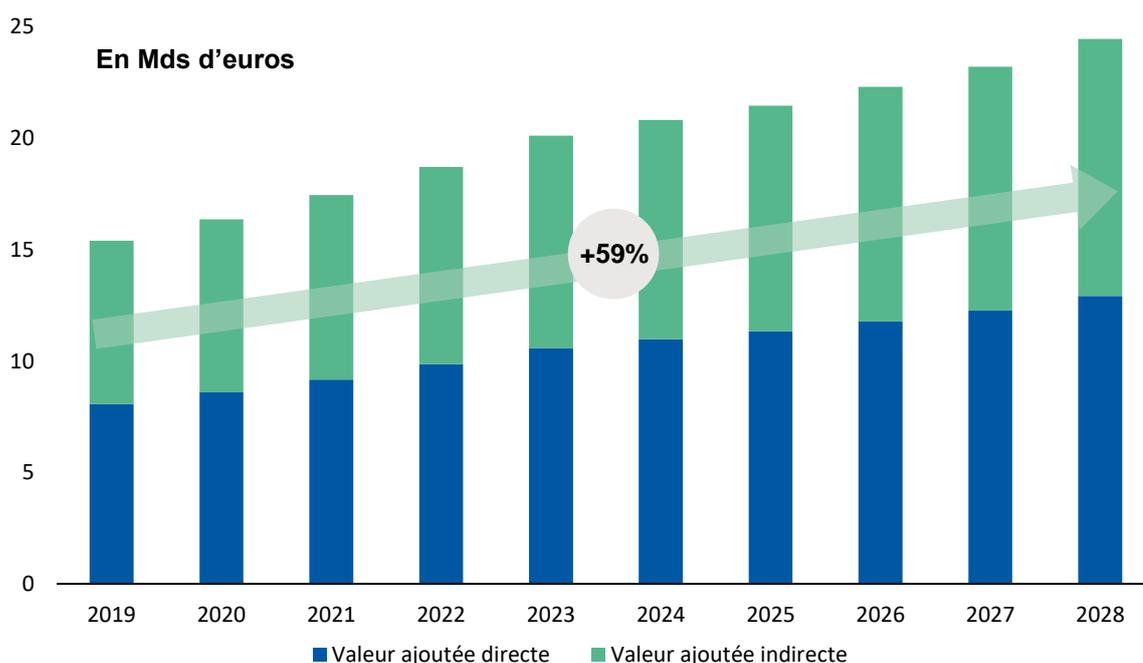
UN DYNAMISME ECONOMIQUE FORT ET UNE VALEUR ESSENTIELLEMENT GÉNÉRÉE EN FRANCE

Le développement des énergies renouvelables tel que prévu par la Programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) va générer un dynamisme économique très fort. La valeur ajoutée créée par les énergies renouvelables augmente ainsi de 59 % entre 2019 et 2028 en France, pour atteindre 24 milliards d'euros annuels. A titre de comparaison, ce résultat représente plus de 10 % de la valeur ajoutée totale créée par le secteur industriel en 2018, plaçant ainsi les énergies renouvelables parmi les filières industrielles les plus génératrices de valeur en France.

Les acteurs directement impliqués dans la filière génèrent plus de la moitié de cette valeur économique (valeur ajoutée directe). Ces acteurs sont les développeurs, les fabricants d'équipements, les constructeurs, les exploitants, les opérateurs de maintenance, les agriculteurs et les exploitants forestiers qui produisent les matières premières pour les bioénergies. Le reste est généré par l'ensemble des sous-traitants, fournisseurs de biens et de services (valeur ajoutée indirecte).

L'emploi est le premier bénéficiaire de cette activité économique, les salaires correspondant à environ 50 % de la valeur ajoutée créée (le reste inclut entre autres le résultat net des entreprises et certaines taxes sur la production). En 2019, le montant des salaires bruts directs et indirects des filières renouvelables représente environ 9 milliards d'euros.

Valeur ajoutée générée par les énergies renouvelables en suivant la trajectoire de la PPE

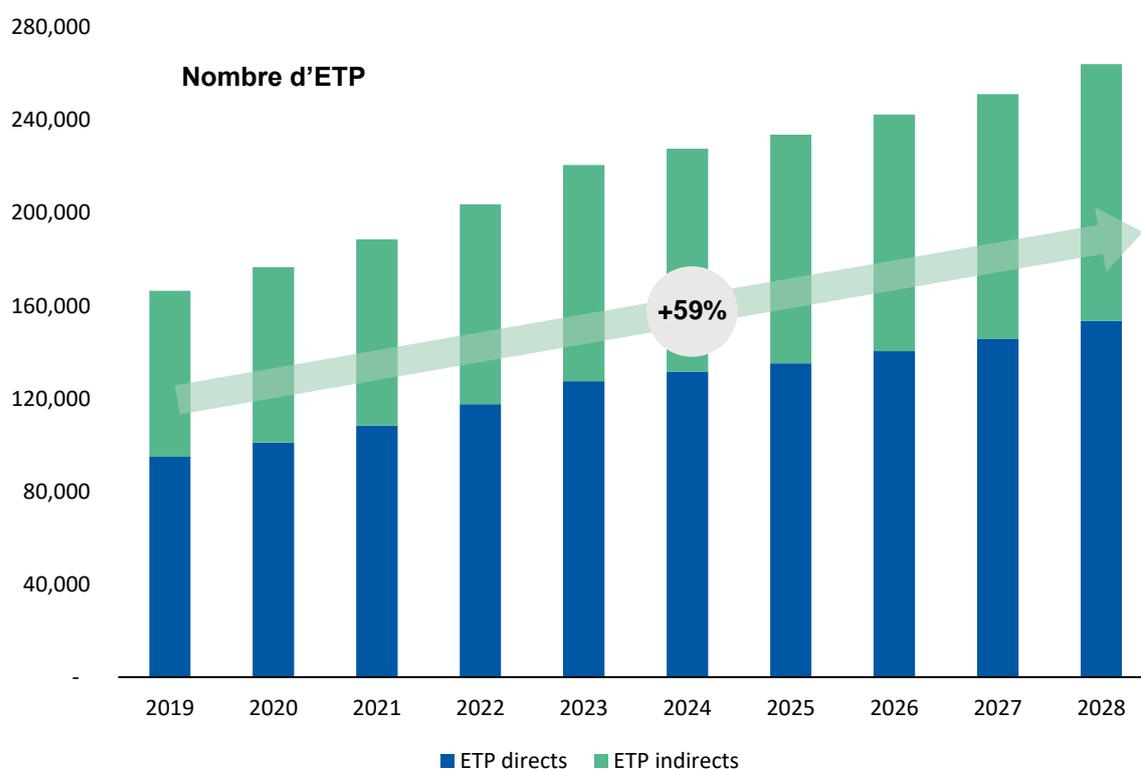


Le développement des énergies renouvelables, en suivant la trajectoire de la PPE, fera passer le nombre d'emplois Équivalent temps plein (ETP) total de 166 000 à 264 000 entre 2019 et 2028. Cette croissance représente une opportunité de recrutement significative, pour des profils divers et dans des secteurs variés.

La majeure partie de la valeur économique générée par le développement des énergies renouvelables en France est générée dans les territoires. Dans les dix années à venir, en considérant les taux d'importations actuels des équipements, plus de 80 % de la valeur totale sera générée en France. Cela s'explique par le poids important (environ 60 %) des activités ancrées dans les territoires et difficilement délocalisables, telles que l'exploitation et la maintenance, les activités agricoles et l'exploitation forestière.

La transition énergétique entraîne ainsi une mutation de ces métiers, dont les nouveaux besoins sont déjà anticipés par la sphère universitaire et éducative. En effet, les nouvelles formations dans le domaine énergétique et environnemental fleurissent, et l'entrain des jeunes diplômés et des nouvelles générations pour l'industrie contribue au dynamisme des filières EnR.

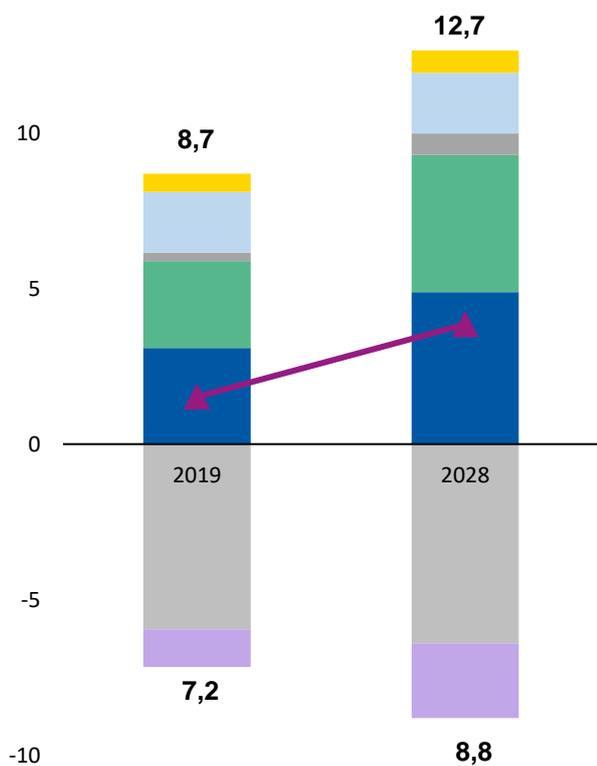
Emplois générés par les énergies renouvelables en suivant la trajectoire de la PPE



DES BENEFICES POUR LA FRANCE BIEN SUPERIEURS AUX SOUTIENS PUBLICS

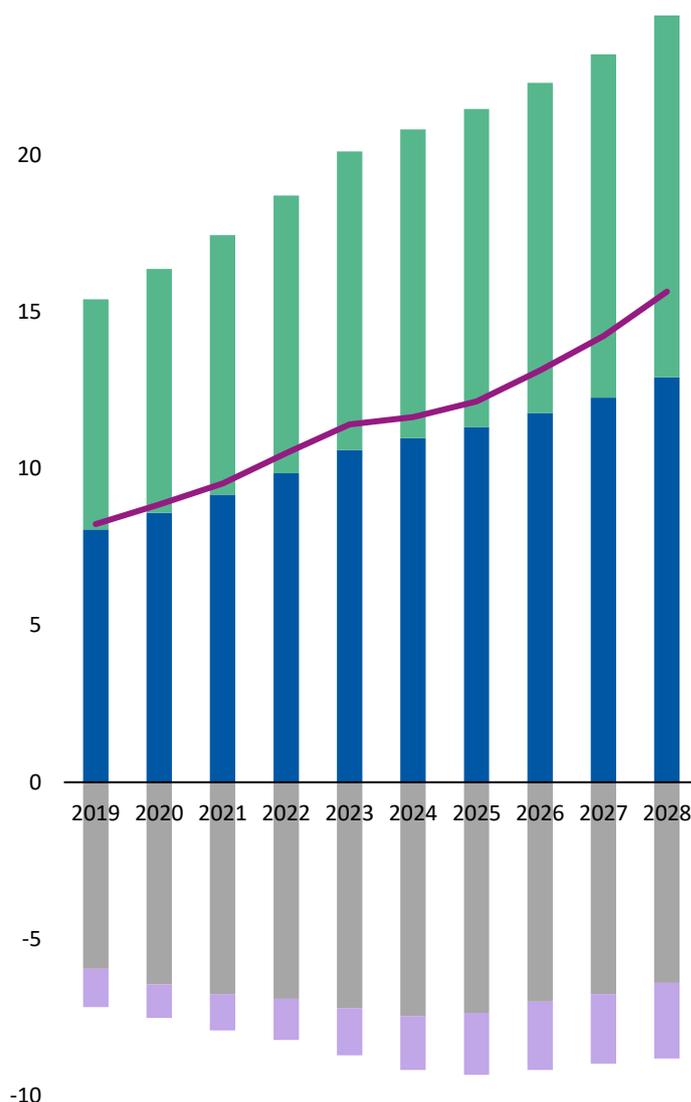
Le soutien public consacré aux énergies renouvelables permet de créer de l'activité qui va en retour générer des retombées fiscales pour l'Etat et les collectivités, mais aussi de la valeur ajoutée pour l'ensemble de l'économie française.

Retombées fiscales et dispositif de soutien
En Mds d'euros



Valeur ajoutée et dispositif de soutien

En Mds d'euros



- Dispositif de soutien aux EnR (à engager)
- Dispositif de soutien aux EnR (déjà engagé)
- Autres taxes et redevances ENR
- TICPE
- IFER
- Cotisations sociales indirectes
- Cotisations sociales directes
- ▲— Contribution nette

- Dispositif de soutien aux EnR (à engager)
- Dispositif de soutien aux EnR (déjà engagé)
- Valeur ajoutée indirecte
- Valeur ajoutée directe
- ▲— Contribution nette

L'étude montre que les retombées fiscales générées par les énergies renouvelables font plus que compenser le montant annuel des soutiens publics consacrés aux différentes filières. Ainsi, le secteur des énergies renouvelables a contribué au budget de l'Etat et des collectivités locales à hauteur de 8,7 milliards d'euros en 2019, et contribuera à hauteur de 12,7 milliards d'euros en 2028.

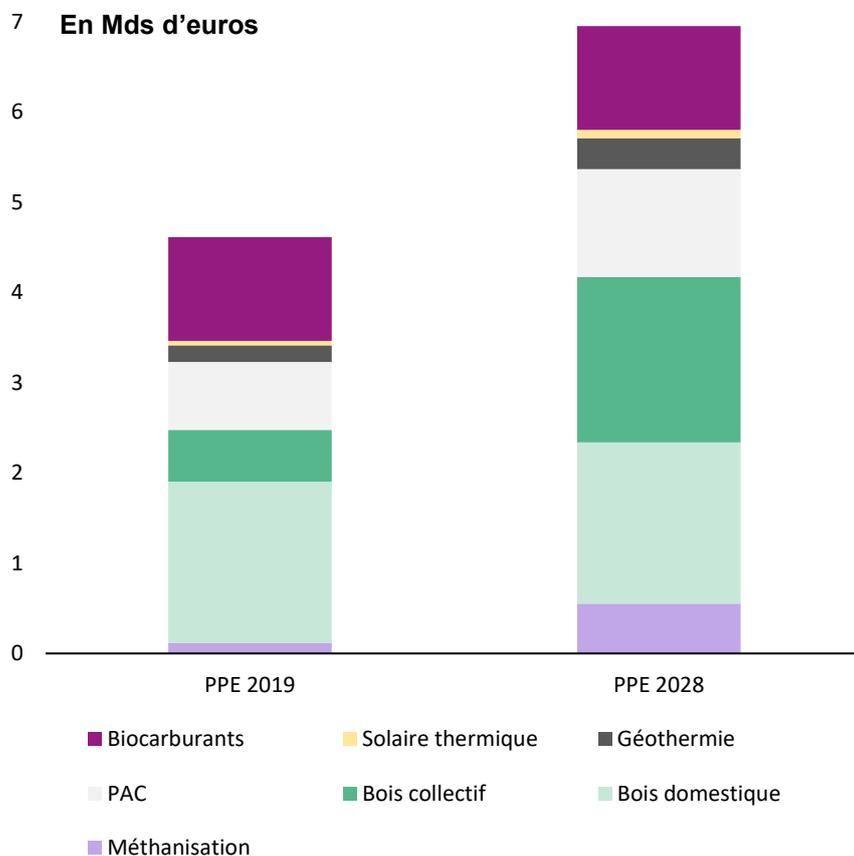
Au-delà de cet effet positif sur les finances publiques, la valeur ajoutée créée par les énergies renouvelables fait de ce secteur un contributeur positif à l'économie française. Ainsi, 1 euro de soutien public investi dans les énergies renouvelables se traduit par 2,1 euros de valeur ajoutée sur les territoires en 2019, et 2,8 euros en 2028.

Cette tendance va s'accroître durant la décennie. En effet, la compétitivité croissante de l'ensemble des filières renouvelables va permettre de déployer de nouvelles capacités tout en réduisant le niveau des aides aux actifs de production. Une bascule va ainsi s'opérer en 2025, date à laquelle le montant des soutiens publics va commencer à décroître alors que la valeur ajoutée créée par les énergies renouvelables continuera elle d'augmenter. Cette décorrélation entre montants de soutiens publics et création de valeur ajoutée va donc s'accélérer après 2025, comme le montre la courbe sur le graphique page 8.

Par ailleurs, les énergies renouvelables jouent un rôle important dans la maîtrise à long terme de la facture énergétique de la France, en particulier en raison du développement de la chaleur renouvelable et des biocarburants. L'économie réalisée par une substitution des sources d'énergies fossiles (gaz naturel, fioul, charbon) par de la production de chaleur renouvelable (sur la base des coûts d'importation des énergies fossiles déterminés par le Ministère de la transition écologique et solidaire) est estimée par l'étude à 3,5 milliards d'euros d'importations évitées en 2019 et jusqu'à 5,8 milliards en 2028.

Les biocarburants produits en France ont, quant à eux, permis d'économiser 1,1 milliard d'euros en 2019 (montant que l'étude a supposé constant pour 2028).

Valeur des importations évitées grâce aux filières de chaleur renouvelable et aux biocarburants



UNE DISTRIBUTION DES RETOMBÉES ÉCONOMIQUES DANS L'ENSEMBLE DES TERRITOIRES

Les territoires sont très largement bénéficiaires du développement des énergies renouvelables. L'étude estime les retombées fiscales directes des énergies renouvelables vers les collectivités locales à 1 milliard d'euros en 2019, et à 1,6 milliard d'euros en 2028. C'est près d'un tiers des retombées fiscales directes générées par les énergies renouvelables qui sont fléchées vers les territoires.

L'ensemble des régions va continuer de bénéficier du développement des énergies renouvelables ainsi que de la diversité des emplois générés. Des besoins importants vont apparaître dans les secteurs de l'ingénierie, de la construction et de l'exploitation des infrastructures.

Une part importante de ces activités économiques n'est pas délocalisable, comme la construction de parcs de production, l'exploitation des sites de production ou l'exploitation forestière. De plus, le développement des bioénergies représente **un soutien important au secteur agricole,** plus de 13 milliards d'euros de valeur ajoutée cumulée étant générée pour répondre aux besoins en matières premières de la méthanisation et des biocarburants dans la décennie à venir.

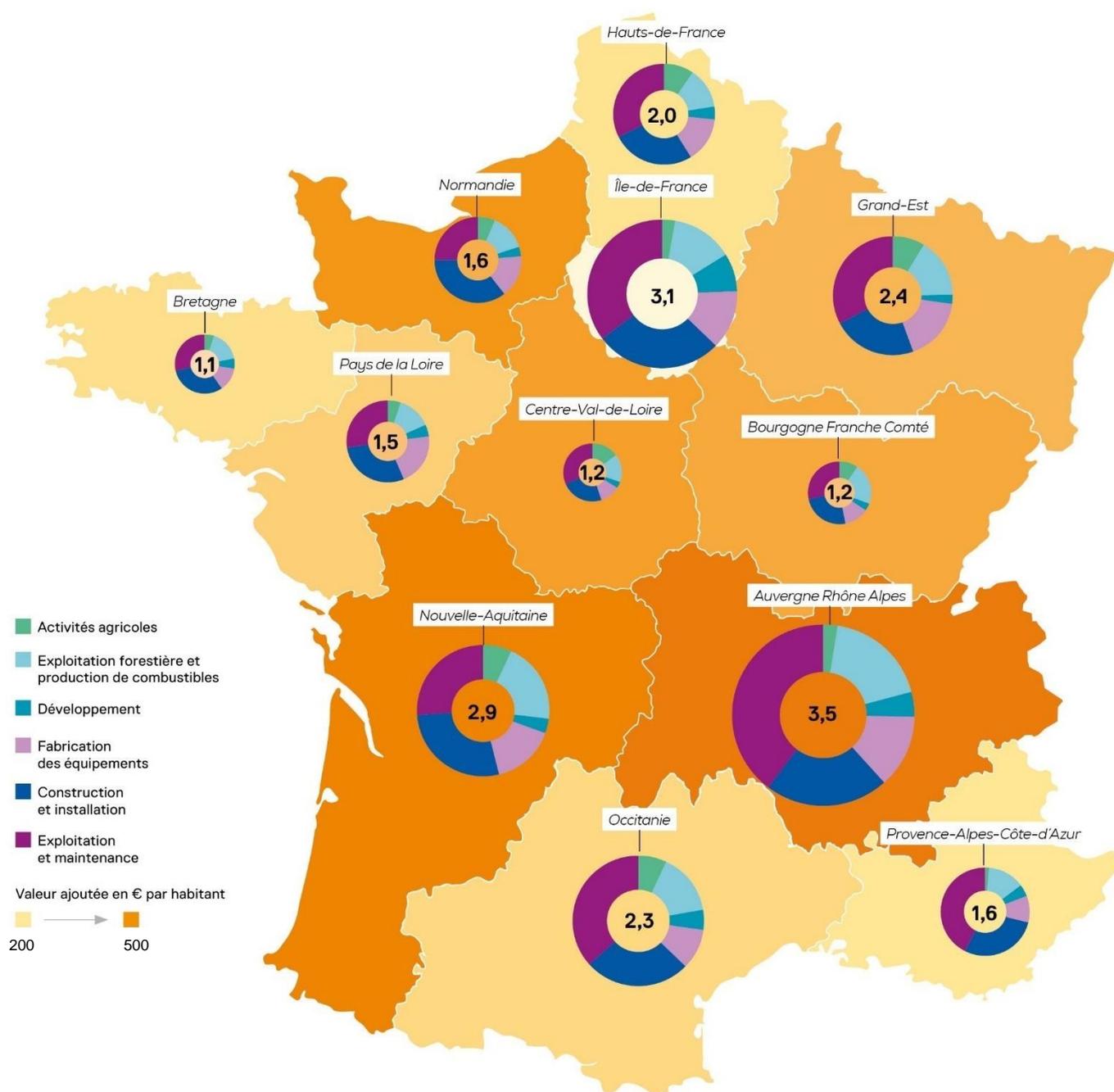
Les énergies renouvelables sont des énergies de territoires, en ce sens qu'elles transforment les caractéristiques locales en véritables forces économiques. La multiplicité des énergies renouvelables permet à ces filières de se développer sur l'ensemble des territoires avec des diversités d'implantations révélatrices des atouts des régions françaises.

En matière d'emplois, les énergies renouvelables sont une réalité pour l'ensemble des régions, avec une moyenne de 2,6 ETP pour mille habitants en 2019, ratio qui varie d'une région à l'autre (entre 2,1 et 3,5). Les deux cartes suivantes présentent les emplois générés par les énergies renouvelables en 2019 et 2028 pour mille habitants dans chacune des régions.

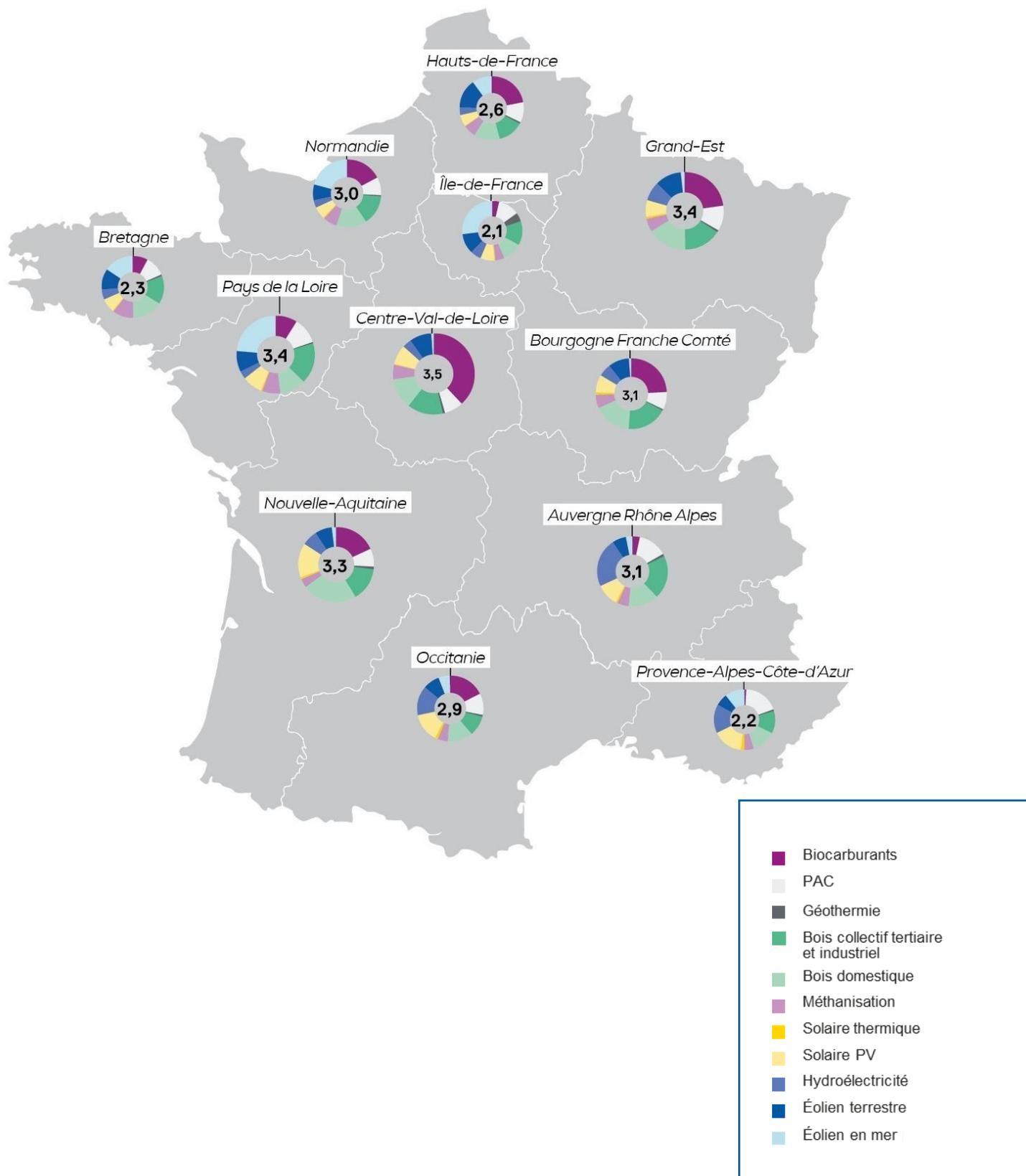
En 2019, le nombre d'emplois pour mille habitants est le plus élevé en Centre-Val-de-Loire, ce qui s'explique par une forte implantation de la filière biocarburants dans cette région et par le fait que cette région soit la moins peuplée des 12 régions de France métropolitaine hors Corse. Les régions Grand-Est, Nouvelle-Aquitaine et Pays de la Loire présentent aussi un nombre d'emplois pour mille habitants relativement élevé, ce qui s'explique par une forte implantation des filières bois domestique et bois collectif, tertiaire et industriel.

La distribution entre les régions s'équilibre d'autant plus en 2028 avec une montée en puissance des régions Normandie, Bretagne et Pays de la Loire. Cela s'explique par l'activité liée à l'implantation de l'éolien en mer dont les impacts économiques, déjà visibles aujourd'hui, se renforceront encore sur la deuxième moitié de la décennie à venir.

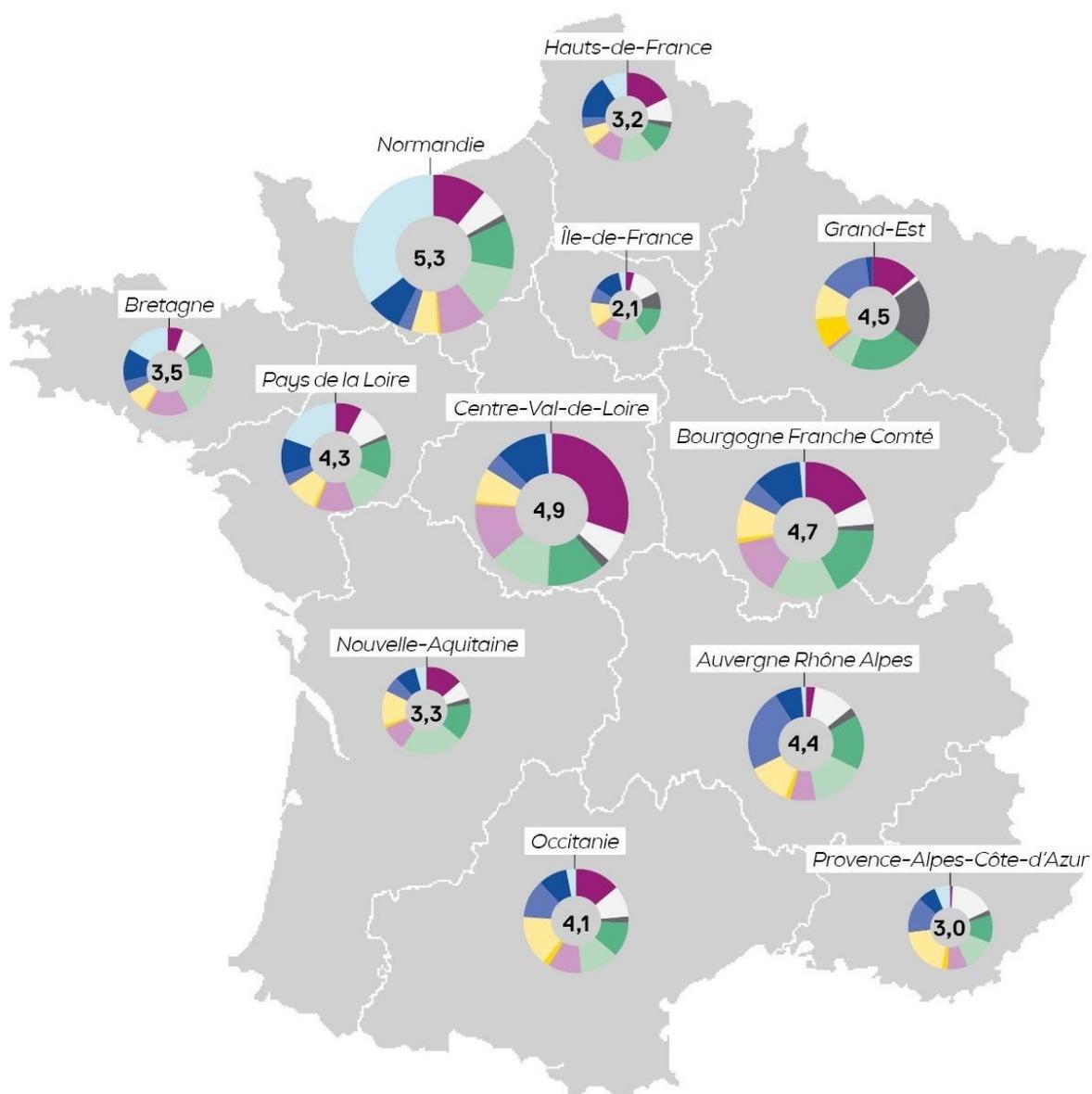
Valeur ajoutée générée dans les territoires en 2028 en suivant la trajectoire PPE (en milliards d'euros)



Nombre d'emplois pour mille habitants par région – 2019



Nombre d'emplois pour mille habitants par région – 2028



- Biocarburants
- PAC
- Géothermie
- Bois collectif tertiaire et industriel
- Bois domestique
- Méthanisation
- Solaire thermique
- Solaire PV
- Hydroélectricité
- Éolien terrestre
- Éolien en mer

ZOOM 2

Vers une autonomie énergétique des Zones non interconnectées (ZNI)

Avec une production électrique fortement carbonée (66 % de l'électricité produite l'est à partir d'énergies fossiles en 2016, toutes ZNI confondues), un coût de production particulièrement élevé (290 €/MWh en moyenne sur l'ensemble des ZNI en 2016 selon la CRE) et des gisements conséquents pour plusieurs filières de production, les ZNI constituent des territoires où les énergies renouvelables devraient s'imposer d'elles-mêmes... Cet essor doit néanmoins s'accompagner d'évolutions des réseaux électriques insulaires pour faire face aux enjeux de variabilité de la production.

Des opportunités pour plusieurs filières complémentaires

Les ZNI françaises disposent d'une grande diversité de gisements de production d'énergie renouvelable ; solaire, éolien, petite hydroélectricité, valorisation de la biomasse, géothermie, énergies marines renouvelables.... Il convient toutefois de préciser le gisement par filière selon les territoires. A titre d'exemple, la Guadeloupe dispose d'un gisement en géothermie significatif, a contrario, le gisement éolien en Guyane est plutôt faible en comparaison avec la Réunion.

La capacité modeste des réseaux électriques non interconnectés et les régimes de production variables des filières photovoltaïques et éoliennes, amenées à jouer un rôle de plus en plus important sur ces territoires, peut nécessiter la recherche de complémentarités entre technologies par le biais de l'hybridation, et de leur adjoindre des capacités de stockage. Parmi les projets emblématiques illustrant cet enjeu, le projet Phares porté par Akuo Energy en partenariat avec Sabella vise à assurer 80 % de l'alimentation électrique de l'île d'Ouessant (Bretagne) d'ici 2022 via une hybridation entre hydrolien, éolien, solaire PV et stockage.

Des retombées économiques locales

Ce développement se traduit bien évidemment par des retombées économiques locales dans les territoires concernés, en premier lieu pour les activités de développement (études de faisabilité, études d'impact, etc.), de construction, puis d'exploitation.

La sécurisation de chaînes d'approvisionnement locales pour ces activités est une condition décisive du développement de ces filières dans des conditions économiquement viables. Cet enjeu concerne notamment les expertises techniques ou la disponibilité de pièces de rechange. Il s'applique également de manière plus spécifique à l'approvisionnement en biomasse locale. C'est le cas avec la bagasse, résidu fibreux issu du broyage de canne à sucre qui est notamment utilisée par Albioma pour couvrir 7 %³ de la consommation d'énergie primaire sur l'île de la Réunion. La réduction de la part du charbon dans le mix électrique de l'île est compensé par un renforcement de la filière d'approvisionnement en biomasse.

Au-delà de ces emplois, des bénéfices pour l'économie locale

L'essor des énergies renouvelables dans les ZNI s'accompagnera de différents types de services à l'économie de ces territoires. Le développement d'infrastructures de tri et de valorisation énergétique des déchets – notamment via la production de combustibles solides de récupération (CSR) - apporte ainsi une réponse à l'enjeu de saturation des sites d'enfouissement des déchets et à l'export de certains types de déchets. Les modèles de développement du solaire en combinaison avec une activité agricole apportent quant à eux une réponse aux enjeux de ressources foncières limitées. Enfin, les ressources locales en matière de biomasse seront notamment issues des activités d'élagage, d'entretien des forêts et pourront reposer sur l'émergence de filières agricoles énergétiques.

L'opportunité d'un allègement du coût de la péréquation tarifaire

Enfin la production électrique issue des énergies renouvelables présentant dans ces territoires un coût de production potentiellement inférieur au coût de production historique de l'électricité (dépassant les 500 €/MWh dans certains territoires comme Saint-Pierre et Miquelon selon la CRE) se répercutera positivement sur le coût pour la collectivité pour assurer la péréquation tarifaire dans ces territoires. En effet, le coût de la péréquation tarifaire destinée aux îles françaises (1,8 milliards d'euros en 2017 selon la CRE) devrait s'alléger à l'avenir, au gré de la montée en puissance des différentes filières d'énergies renouvelables.

³Concepcion Alvarez, Novethic, *A la Réunion, les énergies renouvelables font jeu égal avec le charbon pour fournir l'électricité*, janvier 2019

DES OBJECTIFS ET UNE POLITIQUE INDUSTRIELLE RENFORCÉS POURRAIENT GÉNÉRER 21 % DE VALEUR ADDITIONNELLE

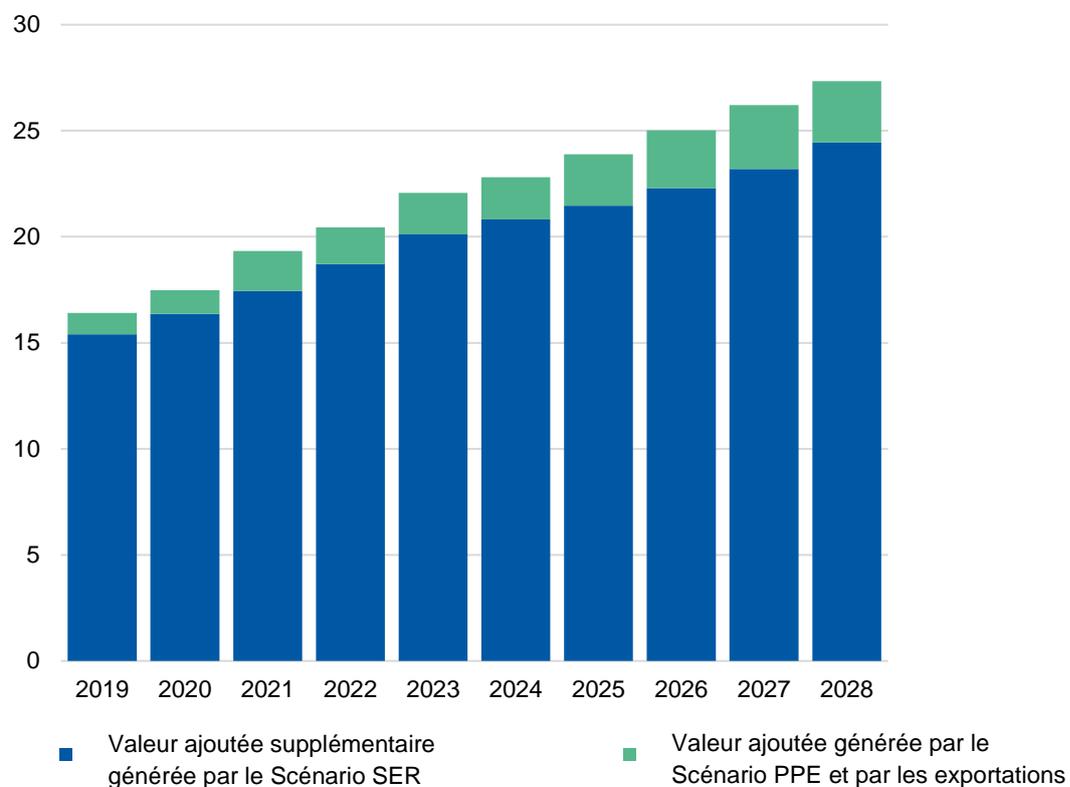
Une PPE plus ambitieuse

La mise en place du scénario proposé par le SER se traduit par une création de valeur supplémentaire de 21 milliards d'euros sur la période 2019-2028, c'est-à-dire 11 % de valeur en plus par rapport au scénario PPE, hors exportations. Cette valeur additionnelle provient des filières pour lesquelles le SER a proposé des objectifs plus ambitieux que ceux de la PPE ; ce sont principalement l'éolien en mer, la méthanisation, le bois énergie domestique et la géothermie électrique. Dans un tel scénario, 35 000 emplois (Équivalent temps plein) additionnels seraient créés d'ici 2028.

- ♦ **La filière du gaz renouvelable** représente une part importante de cette valeur additionnelle (environ 70 %), ce qui témoigne des importantes marges de progrès qu'il reste possible de réaliser afin de pleinement exploiter le potentiel de création de valeur de cette filière. La faiblesse des objectifs de la PPE pour cette filière minimise de facto un gisement de valeur ajoutée important, évalué à 18 milliards d'euros sur la période 2019-2028.
- ♦ **La filière bois domestique** représente un autre gisement important de valeur additionnelle. Le projet de PPE propose des objectifs de production de chaleur constants sur la décennie à venir, là où le scénario SER propose une augmentation de 20 % entre 2019 et 2028. Ce scénario semble plus cohérent avec l'objectif d'augmentation du nombre de foyers se chauffant au bois.
- ♦ S'agissant **des filières électriques**, le scénario SER vise principalement à revoir à la hausse l'ambition pour l'éolien en mer. Les effets d'une augmentation de l'ambition sont moins visibles car ils généreront l'essentiel de leurs effets après 2028 du fait des temps de développement et de construction de ces parcs. Néanmoins la modélisation montre que, dans le scénario SER, la valeur générée par l'éolien en mer augmente de 19% sur la période 2019-2028 par rapport au scénario PPE sans tenir compte des exportations. Le bénéfice des propositions portées par le SER réside aussi dans la mise en place d'un calendrier d'appels d'offres sur le long terme, permettant de limiter les conséquences négatives des creux d'activité pour l'industrie.

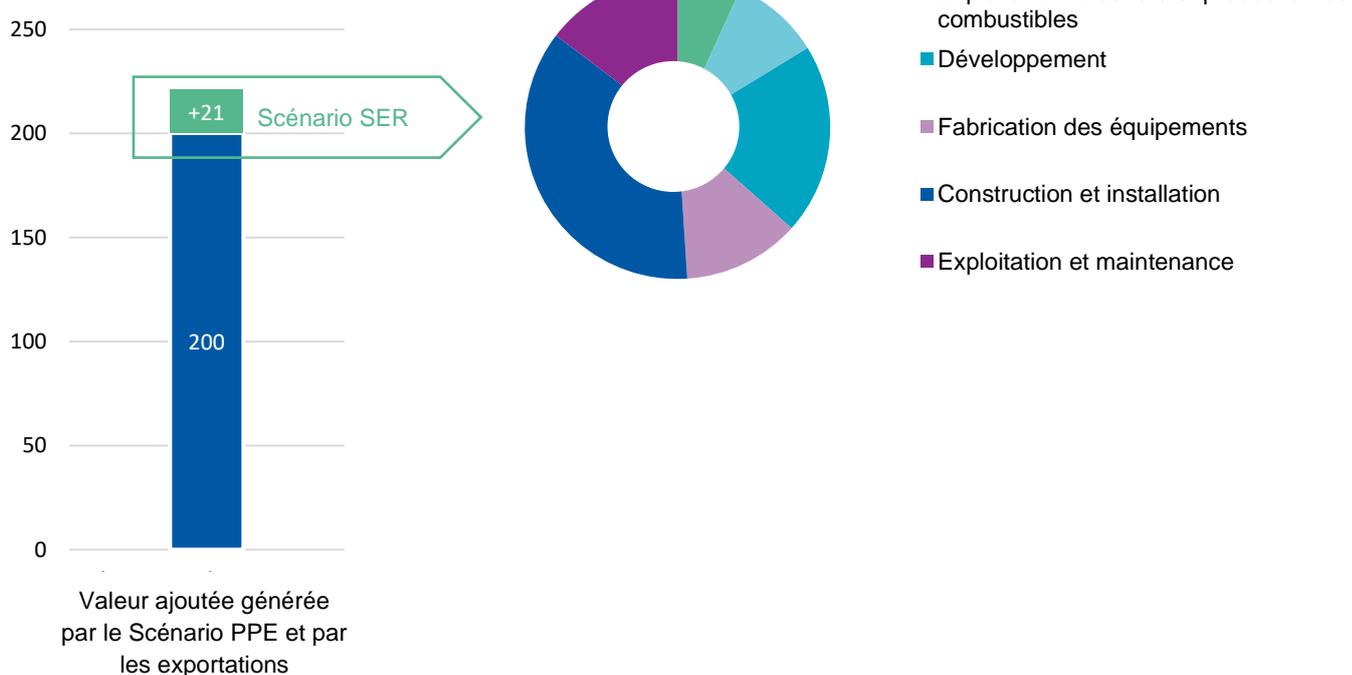
Valeur ajoutée générée par le scénario SER par rapport au scénario PPE + exportations

En Mds d'euros



Distribution de la valeur ajoutée additionnelle générée par le scénario PPE par type d'activité

En Mds d'euros



Une stratégie de renforcement des filières industrielles

La contribution des énergies renouvelables à l'économie française peut encore être renforcée à travers une stratégie de densification du tissu industriel français. En faisant l'hypothèse que le taux d'importation de certaines filières renouvelables pourrait diminuer par deux dans les différents segments des chaînes de valeur, l'impact sur l'économie française serait significatif, à hauteur de 12 milliards d'euros supplémentaires par rapport à un scénario SER basé sur le contenu local actuel des filières. En ajoutant à cela la valeur générée par une réduction du marché informel dans la filière du bois domestique, un total de 20 milliards d'euros supplémentaires est généré par rapport à un scénario SER. Dans un tel scénario, 27 000 emplois (Équivalent temps plein) additionnels seraient créés en 2028.

Les filières électriques ressortent de ce scénario compte tenu de l'augmentation potentielle de la part locale, notamment dans les équipements. Par exemple, diminuer les importations par deux de la production des équipements de la filière solaire photovoltaïque et de l'éolien terrestre pourrait respectivement générer 2,5 et 2,6 milliards d'euros pour les territoires français dans la décennie à venir.

Dans les filières chaleur et gaz renouvelables, c'est en particulier la méthanisation qui pourrait bénéficier d'un renforcement de la part locale avec une valeur supplémentaire de 1,6 milliards d'euros dans les équipements. Concernant le bois domestique, l'augmentation de la part locale a un effet limité pour cette filière qui repose aujourd'hui très peu sur les importations. Pour cette filière, l'enjeu réside dans la capacité à augmenter la part du marché de bois bûche « formel » (voir encadré).

FOCUS SUR LE BOIS-BÛCHE

La France possède la 4^{ème} surface forestière d'Europe derrière la Suède, la Finlande et l'Espagne, avec 17 millions d'hectares, recouvrant 31 % de la surface totale du territoire métropolitain. Aujourd'hui, le marché informel représente 82 % du marché de la bûche de la filière du bois domestique. Augmenter la part du marché de bois bûche « formel » de 18 % à 45 % générerait un supplément de 7,3 milliards d'euros sur la période 2019-2028 et renforcerait les filières d'exploitation forestière.

Explication de la politique industrielle renforcée sur la part locale

Part locale: part de l'activité réalisée en France (en %)

0% —————> 100%



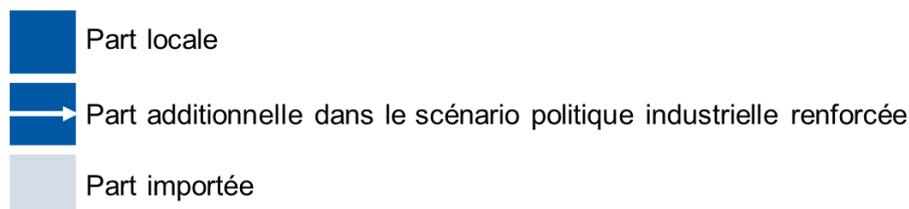
Filière fortement implantée en France

La part locale augmente peu dans le scénario « politique industrielle renforcée » car la filière dépend actuellement peu des importations



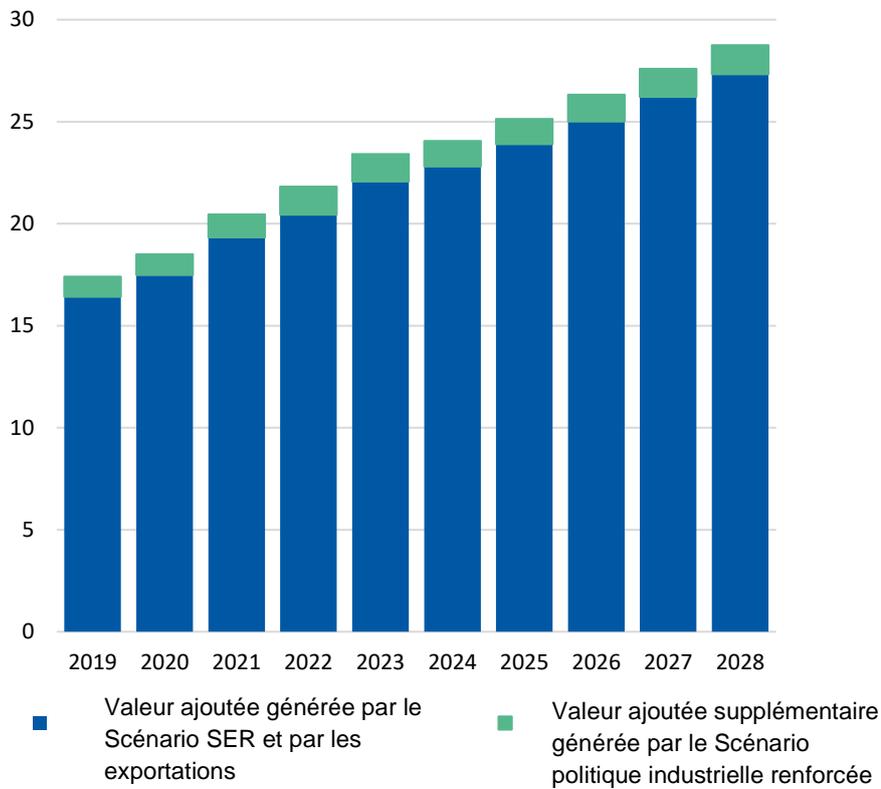
Filière moins implantée en France

La part locale augmente beaucoup dans le scénario « politique industrielle renforcée » car la filière repose actuellement significativement sur les importations



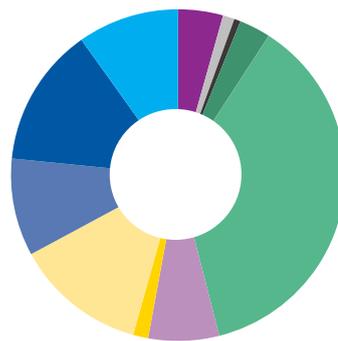
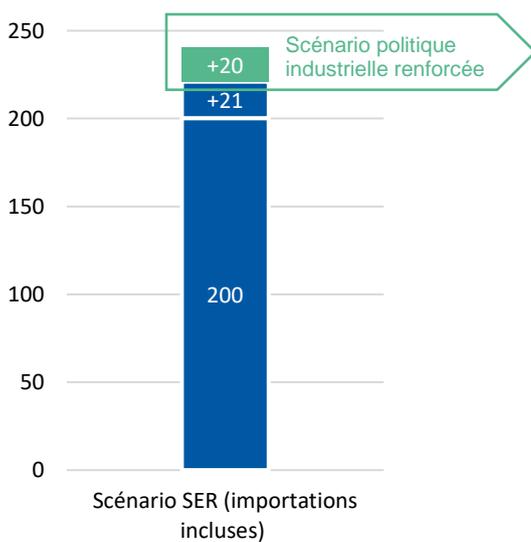
Valeur ajoutée générée par la politique industrielle renforcée (PIR) par rapport au scénario SER

En Mds d'euros



Distribution de la valeur ajoutée additionnelle générée par le scénario "politique industrielle renforcée" par type d'activité

En Mds d'euros



- Biocarburants
- PAC
- Géothermie
- Bois collectif tertiaire et industriel
- Bois domestique
- Méthanisation
- Solaire thermique
- Solaire PV
- Hydroélectricité
- Eolien terrestre
- Eolien en mer

DES ENJEUX ET CONTRIBUTIONS PROPRES A CHACUNE DES FILIERES

PANORAMA DE L'ENSEMBLE DES FILIERES

Les filières chaleur et gaz renouvelable représentent plus de 50 % de la valeur générée en 2019, avec une contribution majoritaire des filières bois-énergie et des pompes à chaleur (PAC) aérothermiques. Les filières dites « matures » comme les filières PAC ont une croissance moins prononcée que les autres (~30 %), l'atteinte des objectifs PPE menant, par exemple, à une croissance forte de la géothermie (190 % entre 2019 et 2028). En 2028, les filières chaleur et gaz renouvelable représentent toujours plus de 50% de la valeur avec cette fois les filières bois-énergie et méthanisation en tête, suivies de près par les pompes à chaleur.

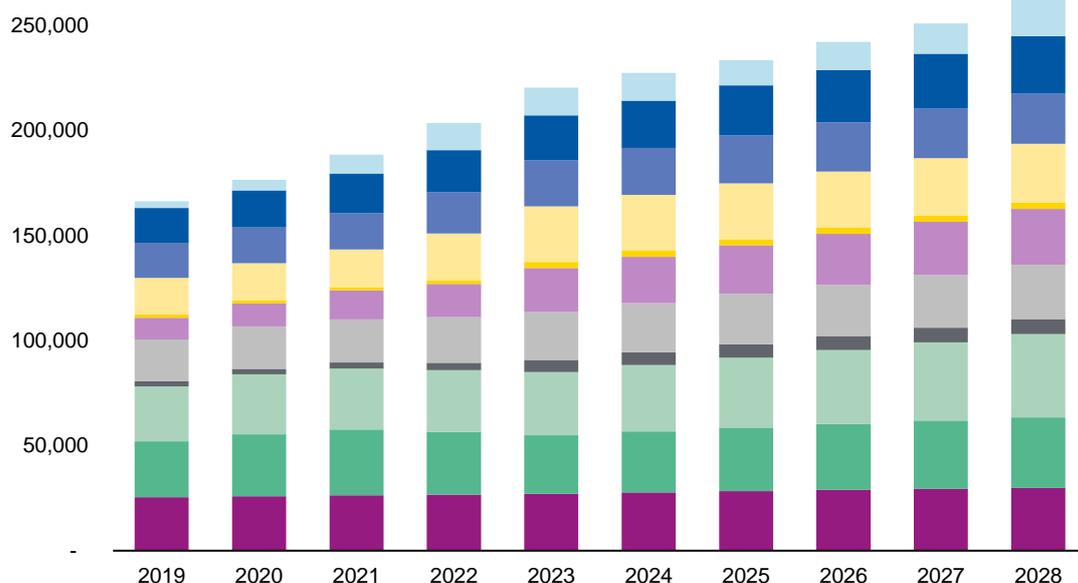
En suivant la trajectoire PPE, les filières électriques doublent le nombre d'emplois générés en passant de 54 000 ETP en 2019 à environ 100 000 ETP en 2028. Elles représentent environ un tiers de la valeur ajoutée totale générée par l'ensemble des filières renouvelables sur le territoire. A noter que l'éolien en mer présente un taux de croissance très important (x5).

Du fait des objectifs d'incorporation, les biocarburants génèrent une valeur ajoutée et un nombre d'emplois relativement stables sur la prochaine décennie.

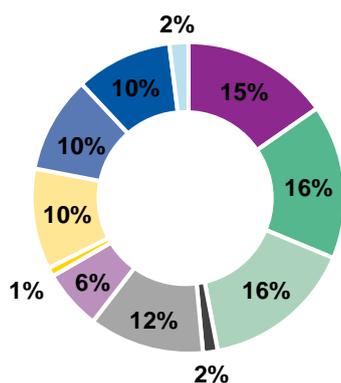
Les objectifs hauts de la PPE

Filière	Unité	Situation au 1 ^{er} janvier 2019	Objectif 2023	Objectif 2028
Solaire photovoltaïque	GW	9,2	20,1	44,0
Hydroélectricité	GW	25,6	25,7	26,7
Eolien terrestre	GW	15,9	24,1	34,7
Eolien en mer posé (date de mise en service)	GW	0,0	1,47	4,5
Eolien en mer flottant (date de mise en service)	GW	0,0	0,096	0,096
Bois collectif, tertiaire et industriel	TWh	25,5	61,0	82,0
Bois domestique	TWh	80,0	80,0	80,0
Géothermie	TWh	2,0	2,9	5,2
PAC aérothermiques	TWh	27,0	33,3	42,8
PAC géothermiques	TWh	4,5	4,6	7,0
Biogaz	TWh	5,3	14,0	32,0
– dont Biométhane injecté	TWh	2,3	6,0	22,0
Solaire thermique	TWh	1,5	1,8	2,5
Biocarburants – 1 ^{ère} génération	% d'incorporation	7,0	7,0	7,0%
Biocarburants – Avancés – Essence (valeur comptable)	% d'incorporation	0,0%	1,2%	3,8%
Biocarburants – Avancés – Gazole (valeur comptable)	% d'incorporation	0,0%	0,4%	2,8%

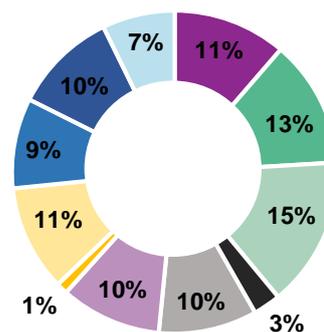
Nombre d'emplois (ETP) générés sur la période 2019 - 2028



Distribution des emplois générés en 2019



Distribution des emplois générés en 2028 en suivant la trajectoire haute de la PPE

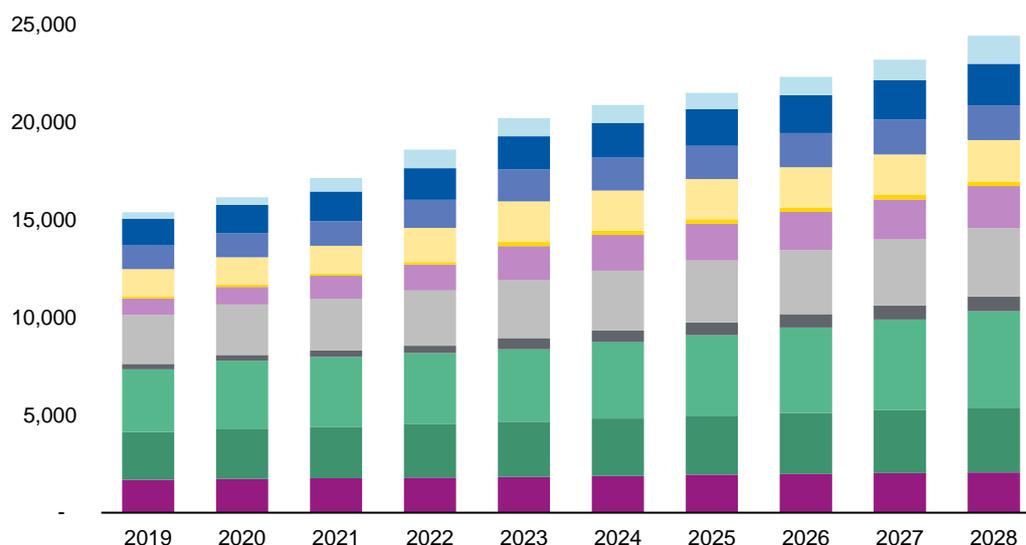


- Eolien en mer
- Eolien terrestre
- Hydroélectricité
- Solaire photovoltaïque
- Solaire thermique

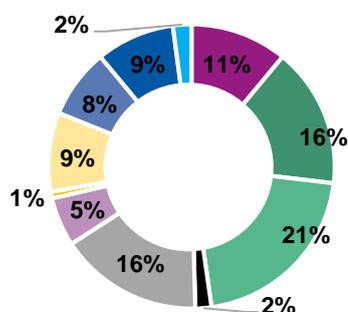
- Méthanisation
- PAC
- Géothermie
- Bois domestique
- Bois collectif, tertiaire et industriel
- Biocarburants

Filière	Unité	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Eolien en mer	ETP	3 300	5 000	9 000	12 800	13 400	13 200	12 100	13 400	14 400	19 100
Eolien terrestre	ETP	16 600	17 700	18 900	20 200	21 400	22 600	23 800	25 000	26 200	27 300
Hydroélectricité	ETP	16 700	17 000	17 300	19 500	21 900	22 400	22 900	23 300	23 700	23 900
Solaire photovoltaïque	ETP	17 400	17 700	17 900	22 300	26 500	26 500	26 600	26 800	27 300	28 000
Solaire thermique	ETP	1 500	1 500	1 500	1 800	2 900	2 900	2 900	2 900	3 000	3 000
Méthanisation	ETP	10 300	11 000	13 900	15 800	20 800	22 000	23 100	24 200	25 400	26 600
PAC	ETP	19 800	20 100	20 500	21 900	23 000	23 500	24 000	24 500	25 100	25 900
Géothermie	ETP	2 500	2 600	2 800	3 500	5 800	6 100	6 400	6 700	7 000	7 200
Bois domestique	ETP	26 100	28 500	29 000	29 500	30 000	31 600	33 300	35 200	37 300	39 600
Bois collectif tertiaire et industriel	ETP	26 700	27 500	28 300	29 000	29 800	30 600	31 400	32 200	32 900	33 700
Biocarburants	ETP	25 400	25 900	26 300	26 700	27 100	27 800	28 400	28 900	29 400	29 800

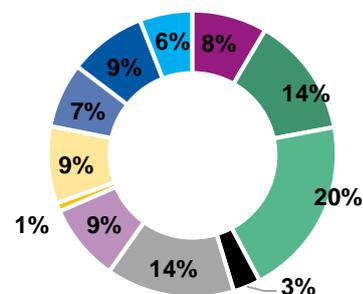
Valeur ajoutée (millions d'euros) générée sur la période 2019 - 2028



Distribution de la valeur ajoutée générée en 2019



Distribution de la valeur ajoutée générée en 2028 en suivant la trajectoire haute de la PPE



- Eolien en mer
- Eolien terrestre
- Hydroélectricité
- Solaire photovoltaïque
- Solaire thermique

- Méthanisation
- PAC
- Géothermie
- Bois domestique
- Bois collectif, tertiaire et industriel
- Biocarburants

Filière	Unité	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Eolien en mer	Millions d'euros	320	400	680	960	920	910	840	930	1 040	1 440
Eolien terrestre	Millions d'euros	1 370	1 450	1 530	1 620	1 710	1 790	1 880	1 960	2 040	2 130
Hydroélectricité	Millions d'euros	1 210	1 230	1 260	1 440	1 640	1 670	1 710	1 750	1 770	1 780
Solaire photovoltaïque	Millions d'euros	1 390	1 410	1 420	1 750	2 070	2 060	2 060	2 060	2 080	2 130
Solaire thermique	Millions d'euros	110	110	110	130	220	220	220	220	230	230
Méthanisation	Millions d'euros	860	900	1 180	1 330	1 750	1 820	1 890	1 970	2 050	2 140
PAC	Millions d'euros	2 500	2 580	2 660	2 820	2 970	3 070	3 170	3 280	3 390	3 520
Géothermie	Millions d'euros	280	290	310	380	570	610	640	680	720	750
Bois domestique	Millions d'euros	3 210	3 520	3 580	3 650	3 710	3 910	4 140	4 380	4 650	4 950
Bois collectif tertiaire et industriel	Millions d'euros	2 450	2 550	2 640	2 740	2 840	2 930	3 030	3 130	3 220	3 320
Biocarburants	Millions d'euros	1 690	1 730	1 770	1 800	1 830	1 890	1 940	1 990	2 030	2 060

HYDROELECTRICITE

La PPE vise une capacité installée de 26,4 à 26,7 GW en 2028 pour cette filière déjà bien implantée sur le territoire. Le parc hydraulique actuel représente en effet 25 GW en capacité installée et assurait 12 % de la production annuelle d'électricité en 2019. Malgré un potentiel de croissance plus modeste que d'autres filières moins matures, l'hydroélectricité joue et continuera à jouer un rôle essentiel dans la transition énergétique et écologique.

Le développement de la petite hydroélectricité constitue un premier axe dans la mise en valeur de la filière. Ainsi, l'Etat a lancé depuis 2016 plusieurs sessions d'appels d'offres portant sur le développement d'installations hydroélectriques de puissances comprises entre 1 et 4,5 MW, pour des nouveaux sites ou pour équiper des barrages existants. La PPE prévoit de pérenniser ce système d'appels d'offres à hauteur de 35 MW par an jusqu'à 2023 à minima. **L'Etat entend également mettre l'accent sur la rénovation et l'optimisation du parc existant**, en portant une attention toute particulière à la préservation de sa flexibilité. La récente loi climat énergie ouvre la possibilité aux augmentations de puissance sur les ouvrages concédés, et un dispositif de soutien à la rénovation des installations de 1 à 4,5 MW doit être prochainement mis en place. Les développements futurs de la filière, tant pour le parc existant que pour de nouveaux ouvrages, se feront dans la conciliation avec les enjeux de préservation de l'environnement et de la biodiversité, ainsi que des enjeux de gestion et partage de la ressource en eau.

Les résultats de l'étude démontrent la solidité de la filière française et le potentiel de retombées économiques qu'elle représente pour le territoire. En 2019, l'hydroélectricité représente déjà près de 17 000 ETP directs et indirects, un chiffre qui pourrait croître encore de plus de 40 % d'ici 2028 pour atteindre près de 24 000 ETP directs et indirects, dont près de 60 % d'ETP pour les acteurs directement intégrés à la chaîne de valeur. Cette hausse s'explique par l'installation de près de 850 MW sur la décennie à venir. La filière est également une source de création de valeur ajoutée significative pour l'économie française, avec environ 1,7 milliards d'euros générés selon la trajectoire PPE en 2028. L'exploitation et la maintenance concentrent la plus grande partie des emplois, témoignant du poids important du parc existant. La construction et l'installation représentent également un segment important de la chaîne de valeur et participent à l'accélération de la croissance entre 2021 et 2022, en raison de l'augmentation des objectifs de capacités annuelles installées à partir de 2023.

Le marché à l'exportation est à l'origine de retombées économiques importantes, représentant entre 15 % et 20% de la valeur créée annuellement par l'hydroélectricité sur la décennie à venir. Ces exportations concernent principalement la fabrication et la maintenance des équipements des parcs hydrauliques.

La répartition de ces retombées économiques sur le territoire suit le potentiel de chaque région pour la filière avec une nette prépondérance de la région Auvergne-Rhône-Alpes, qui concentre les principaux gisements, ainsi que les principaux acteurs de l'industrie, en particulier pour le développement, la construction et l'installation et dans une moindre mesure la fabrication des équipements.

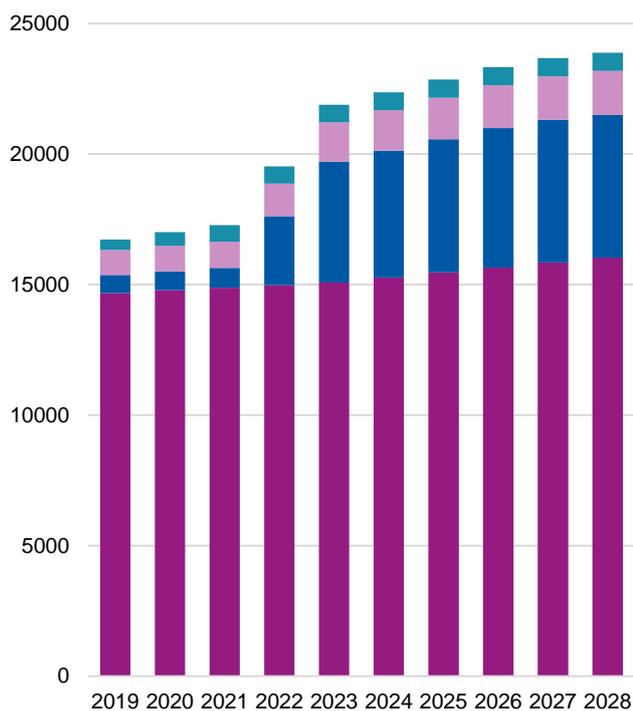
Les objectifs du scénario SER sont légèrement supérieurs à ceux proposés par la PPE. Une valeur économique additionnelle significative pourrait être générée avec une politique industrielle renforcée. En effet, diminuer les importations par deux de cette filière, en particulier au niveau de la construction et des équipements, pourrait générer 1,9 milliards de valeur ajoutée additionnelle cumulée sur la décennie à venir, soit 14 % de valeur en plus par rapport aux taux d'importations actuels.

Focus sur les externalités

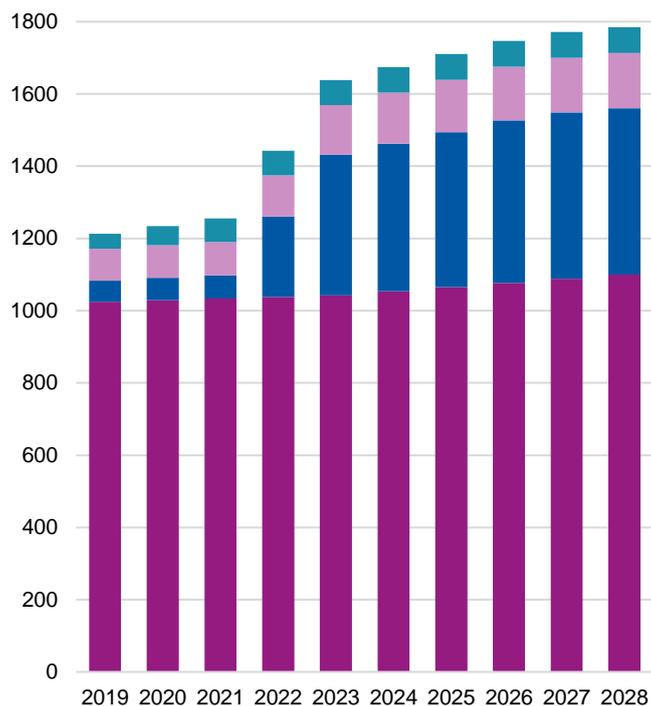
Les installations hydroélectriques s'inscrivent au cœur d'un écosystème naturel, mais aussi social et économique. Conçus à l'origine à des fins énergétiques, les ouvrages hydroélectriques ont permis l'implantation ou le renforcement de nombreux autres usages : irrigation, industrie, tourisme, pêche... Autant d'activités dont ils sont responsables, et qui participent du développement local et de ses emplois. L'hydroélectricité est ainsi un outil d'aménagement du territoire et de sa ressource en eau.

Fruit des nouveaux enjeux de gestion l'eau, les ouvrages hydroélectriques s'adaptent pour prendre en compte la nécessité de respecter les continuités écologiques, de garantir des débits minimum dans les cours d'eau impactés (le « soutien d'étiage ») et de garantir le transport sédimentaire.

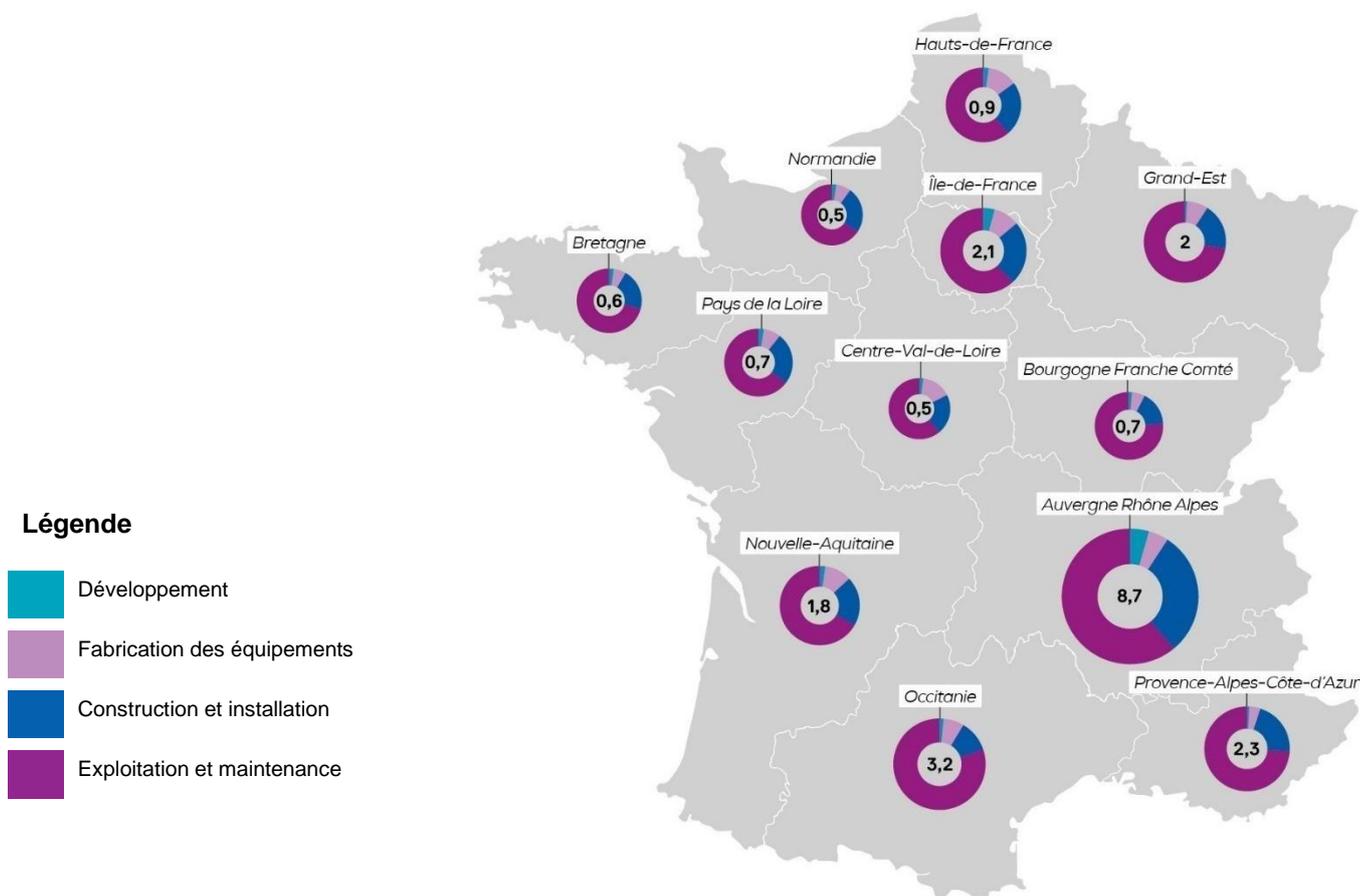
Emplois générés en suivant la trajectoire haute de la PPE (en ETP)



Valeur ajoutée générée en suivant la trajectoire haute de la PPE (en millions d'euros)



Distribution des emplois en 2028 (en millier d'ETP)



EOLIEN TERRESTRE

Le scénario haut de la PPE vise une capacité installée pour la filière éolienne en 2028 à 34,7 GW, soit plus du double des capacités actuelles, d'environ 17 GW. Ces objectifs ambitieux misent sur le développement d'une filière déjà prometteuse sur le territoire métropolitain, où près de 1 800 parcs couvrent environ 7 % de la consommation nationale d'électricité.

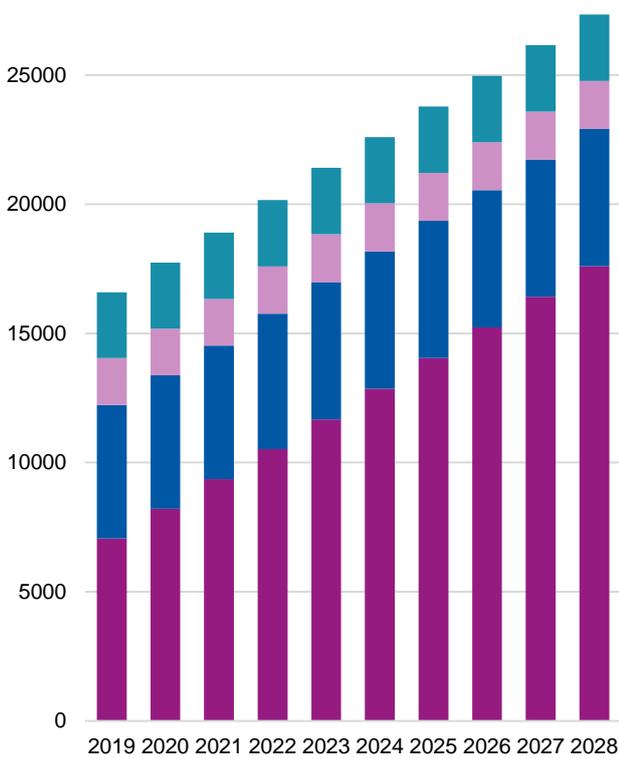
L'année 2019 a été ponctuée par plusieurs faits marquants, révélateurs des enjeux liés à la bonne intégration territoriale de la filière. La loi Energie-Climat a confirmé les objectifs fixés par la Loi de Transition Energétique pour la Croissance Verte (LTECV) et rendu obligatoire la mise en place d'un bilan carbone dans les critères des appels d'offre. Des travaux sont en cours concernant le balisage des éoliennes, leur répartition sur le territoire et leur impact sur les radars ou l'évolution du cadre pour la fin de vie des installations. En 2020, la feuille de route du gouvernement place l'amélioration de l'acceptabilité de la filière au premier plan.

L'étude confirme le potentiel de la filière en matière de retombées économiques. Les résultats montrent une création de valeur pérenne générée par la filière. L'accélération à 2 GW raccordés par an doit permettre d'atteindre 2,1 milliards d'euros de valeur ajoutée générée en 2028 sur le territoire métropolitain. Cela se traduit par d'importantes créations d'emplois, pour atteindre 28 000 ETP directs et indirects en 2028, dont plus de 17 000 directs. Les activités d'exploitation-maintenance, qui représentent déjà plus de 40 % des ETP en 2019, devraient voir leur poids s'accroître avec l'augmentation du parc, accentuant le caractère local des retombées de la filière. En revanche, le faible accroissement de la part correspondant aux activités de fabrication des équipements met en lumière le besoin d'actions spécifiques pour dynamiser cette partie de la chaîne de valeur.

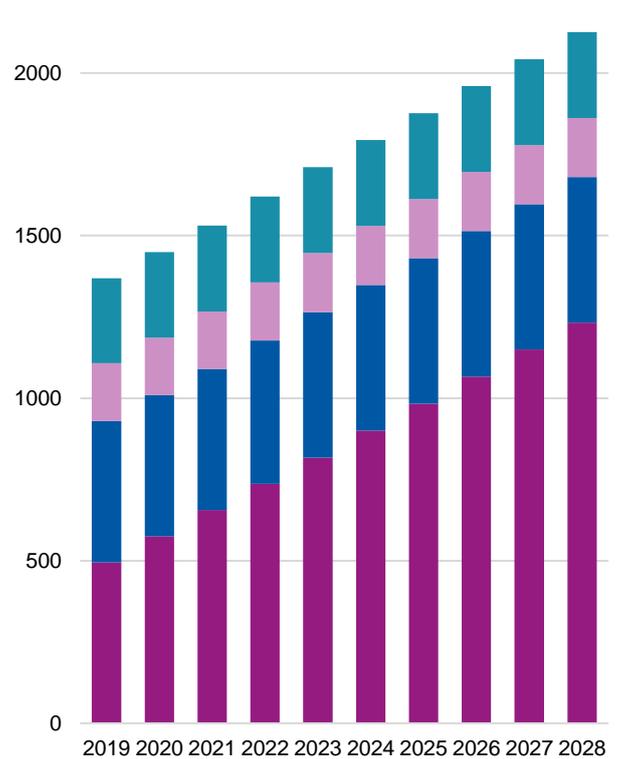
Ces retombées économiques sont distribuées sur l'ensemble du territoire métropolitain, comme le montrent les résultats de la régionalisation. Les régions disposant des parcs les plus importants, dont les Hauts-de-France et le Grand-Est, sont les principales bénéficiaires de ces retombées. L'Île-de-France, accueillant de nombreux sièges sociaux et centres d'ingénierie, se démarque également. Les résultats confirment le caractère local des activités d'exploitation-maintenance, avec une création de valeur proche des zones d'implantation des parcs.

La valeur économique générée par cette filière pourrait être significativement supérieure si le tissu industriel était renforcé au niveau des équipements. En divisant les importations de turbines par deux et en faisant ainsi passer leur part locale de 25 % à 63 %, la valeur économique générée par la fabrication des équipements passe de 1,6 milliard d'euros à 4,4 milliards d'euros en cumulé sur la décennie à venir. En tenant compte de la valeur économique générée par l'ensemble de la filière, cela revient à une augmentation de 15 % par rapport aux parts locales actuelles.

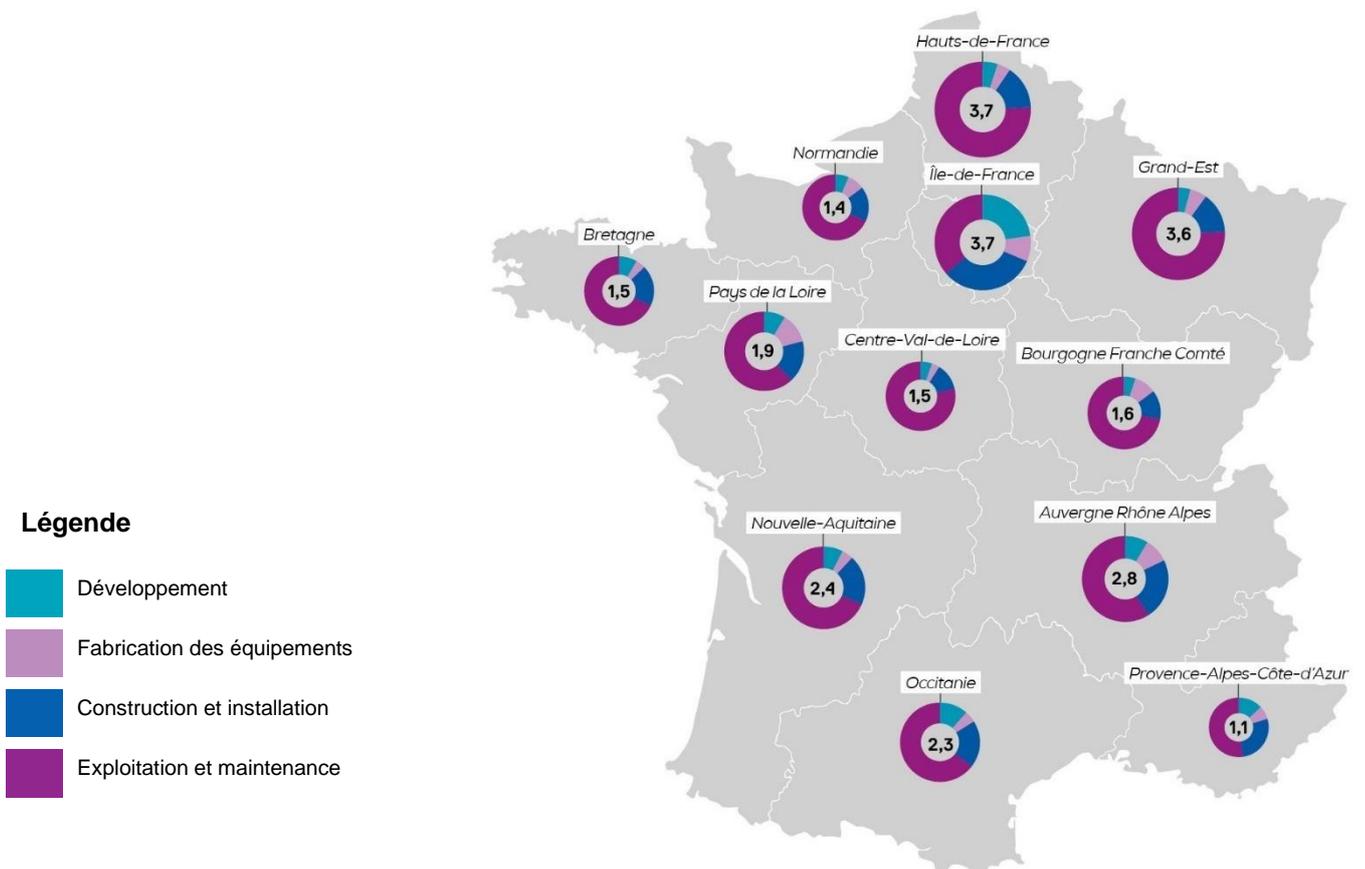
Emplois générés en suivant la trajectoire haute de la PPE (en ETP)



Valeur ajoutée générée en suivant la trajectoire haute de la PPE (en millions d'euros)



Distribution des emplois en 2028 (en millier d'ETP)



Légende

- Développement
- Fabrication des équipements
- Construction et installation
- Exploitation et maintenance

EOLIEN EN MER

La filière éolienne en mer a connu un développement remarquable depuis quinze ans en Europe en général, en France également, reflet de son important potentiel. A l'horizon 2028, la PPE projette une capacité installée en France métropolitaine d'environ 5 GW, principalement pour l'éolien en mer posé dont la technologie est aujourd'hui largement éprouvée. L'éolien flottant bénéficie, pour sa part, de quatre fermes pilotes en développement dans le pays et des objectifs dans la PPE qui lui permettront de l'accompagner dans sa phase de déploiement industriel.

En 2019 s'est clôt l'appel d'offres engagé en décembre 2016 par l'Etat pour le développement d'un parc éolien en mer posé de près de 600 MW au large de Dunkerque. Avec ce septième parc en développement sur son territoire, la nécessité de structurer et de pérenniser cette filière industrielle porteuse a été réaffirmée : d'abord sur le plan législatif et réglementaire, avec une refonte des procédures de création des parcs et l'optimisation du traitement des contentieux, mais également sur le plan économique, avec des résultats positifs en matière de compétitivité de la filière. L'appel d'offres (AO) de Dunkerque affiche en effet un prix inférieur à 45€/MWh, ce qui pourrait, dans certains scénarios, contribuer positivement au budget de l'Etat. L'année a également été importante dans la planification des futurs projets avec l'élaboration des documents stratégiques de façade et le lancement des concertations pour la définition des zones propices à l'éolien en mer. En matière d'impact environnemental, des études ont été lancées, pour garantir la préservation de la biodiversité.

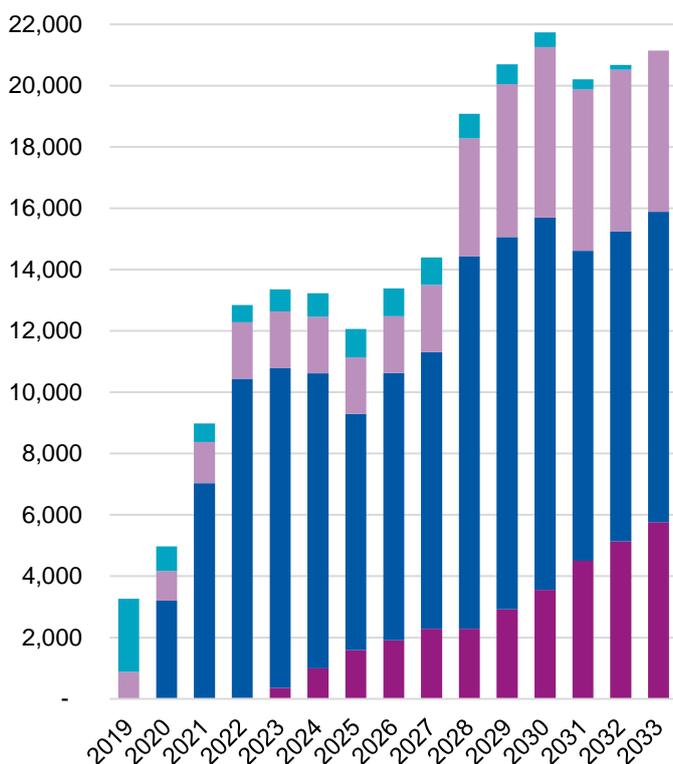
Les résultats de l'étude démontrent le potentiel de croissance de la filière en France. En effet, la valeur générée par l'éolien en mer pourrait être multipliée par dix d'ici 2028, avec une croissance forte des retombées attendue à partir de 2020, en raison du passage en phase de construction des parcs issus des premiers AO. En 2028, la filière pourrait représenter 19 000 ETP directs et indirects sur le territoire, soit près de six fois le chiffre de 2019. Cependant, l'évolution des retombées économiques reste fortement marquée par le calendrier des mises en service des parcs, une part importante de ces retombées étant liée aux activités de construction et d'installation. Ainsi, les effets d'une planification d'appels d'offres attribués régulièrement, à hauteur d'au moins 1000 MW/an, comme dans le scénario PPE entre 2021 et 2024, se reflètent par la croissance et une stabilité à un haut niveau d'emplois pour la filière à partir de 2028.

Ces résultats incluent l'activité économique générée par les exportations en plus de celle générée par l'application de la PPE. Le poids des exportations est particulièrement important en 2019 et 2020, quand l'activité liée aux premiers projets est encore en démarrage. En 2019, les exportations génèrent environ 2 500 ETP directs et indirects, soit presque 75 % des emplois générés par l'éolien en mer. Sur la décennie à venir, il est considéré que ces exportations diminuent quand l'activité augmente et inversement. Elles représentent 37% des ETP en 2025 et 0% en 2028.

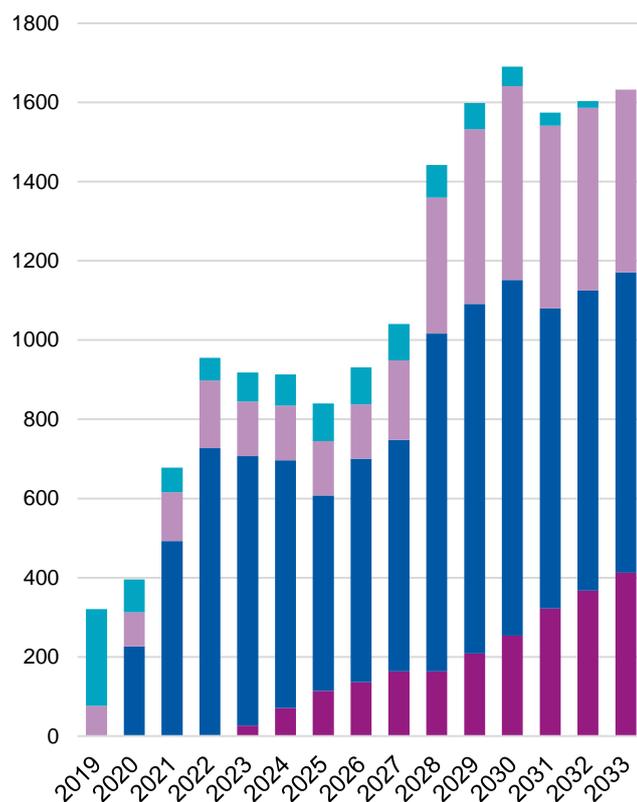
Au niveau régional, les régions littorales du Nord-Ouest, concernées par le développement des premiers parcs, concentrent l'essentiel de la valeur et des emplois générés. Cela se retrouve aussi pour la fabrication des équipements et du fait des investissements industriels et portuaires réalisés ou en cours de réalisation, et qui représentent aujourd'hui environ 600 millions d'euros en France. D'autres régions accélèrent, comme par exemple à Port la Nouvelle où 200 millions d'euros ont été investis. La concrétisation du potentiel de développement de l'éolien flottant devrait conduire à des retombées significatives à partir de 2023 et importantes à partir de 2028, et en particulier sur le pourtour méditerranéen.

La mise en place du scénario proposé par le SER se traduit par une création de valeur supplémentaire de 19 % sur la décennie à venir. Ces bénéfices résultent principalement de la mise en place d'un calendrier d'appels d'offres régulier sur le long terme, permettant de limiter les creux d'activités qui s'observent en 2025 avec la modélisation de la PPE. L'augmentation de la part locale de la filière aurait un impact encore plus fort et pourrait se traduire par 22 % de valeur économique additionnelle sur la décennie à venir en diminuant les importations par deux. Cette augmentation de la part locale concernerait en particulier la fabrication d'un plus grand nombre d'éléments constitutifs des turbines et de flotteurs.

ETP directs et indirects (Scénario PPE + Exportations) en ETP



Valeur ajoutée directe et indirecte (Scénario PPE + Exportations) en millions d'euros



Evolution des ETP et de la valeur ajoutée

La première phase de croissance correspond à l'augmentation d'activité liée à la concrétisation des premiers projets avec un pic d'ETP générés en 2023.

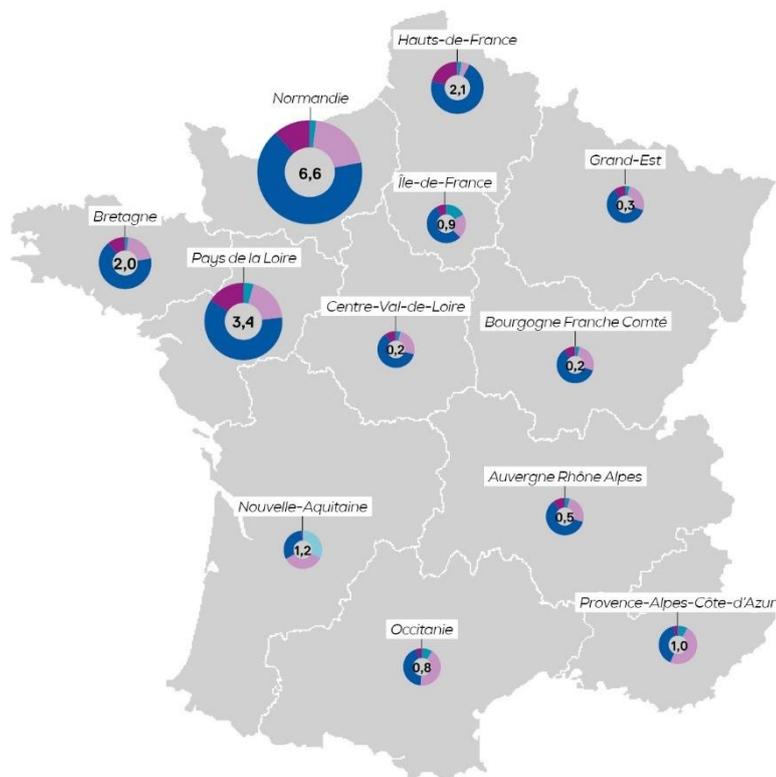
La mise en œuvre de la PPE impliquerait ensuite une phase de ralentissement de l'activité qui ne repose plus que sur la mise en service du projet de Dunkerque, seul projet ayant été attribué entre 2014 et 2019. Cette baisse d'activité est néanmoins partiellement compensée par les exportations qui représentent 37% des ETP en 2025.

Enfin, une nouvelle phase d'augmentation des emplois et de la valeur ajoutée est permise par le rythme de développement plus régulier engagé à partir de 2020, dont les effets se font sentir à partir de 2026-2027.

Légende



Distribution des emplois en 2028 (en millier d'ETP)



ZOOM 3

Les investissements portuaires

L'essor des filières de production d'énergie marine renouvelable (EMR) s'accompagne d'investissements portuaires significatifs

Le développement de la filière EMR sur un territoire nécessite de disposer d'une infrastructure portuaire adaptée. En effet, une partie de l'assemblage et de l'installation des éoliennes et hydroliennes se réalise à quai. Des investissements significatifs ont ainsi été engagés ou annoncés dans plusieurs ports des différentes façades maritimes françaises pour rendre ces infrastructures compatibles aux besoins des industriels de la filière. Ces investissements sont considérés comme stratégiques pour asseoir le positionnement des régions françaises sur certaines filières émergentes (comme par exemple l'éolien flottant) et s'ouvrir des opportunités à l'export.

L'exemple du port de Brest

A titre d'exemple, le port de Brest fait l'objet d'un grand projet d'aménagement visant l'accueil sur un polder de 40 ha de nouvelles activités industrielles, notamment pour le déploiement de l'éolien en mer et de l'hydrolien. Au total, au moins 220 millions seront investis pour ce projet, par la Région Bretagne et ses partenaires (notamment Brest Métropole)⁴.

La première phase du chantier (2017-2020) est dédiée à la construction d'un poste à quai EMR, à l'amélioration de la portance des quais et à l'extension de 14 ha du polder. Pour permettre l'accès aux quais de navires à fort tirant d'eau, des travaux de dragage seront aussi menés. La deuxième phase des travaux (2020-2024) concernera la construction d'un deuxième poste à quai EMR et la stabilisation du quai. L'ensemble de ces aménagements permettra d'accueillir des industriels pendant 50 ans.

Sur le polder, dix lots seront à partager entre les industriels de la filière EMR. Si les investissements de la Région concernent principalement la construction d'une plateforme vierge, les futurs occupants devront entreprendre eux-mêmes les travaux de renforcement liés aux spécificités de leurs activités. Fin 2019, la société espagnole Navantia a été retenue pour s'installer sur le port. Cette entreprise mettra en place une unité de pré-assemblage de fondations « jackets » pour le futur parc offshore de la baie de Saint-Brieuc. Ce marché mobilisera 250 emplois directs sur 2 ans⁵.

Des investissements également dans les autres ports français

Au-delà du cas de Brest, plusieurs autres ports français ont d'ores et déjà réalisé des investissements significatifs pour accueillir le déploiement d'une activité industrielle liée à l'installation des EMR. C'est le cas en particulier de Cherbourg (100M€) ou Le Havre (130M€, en plus des investissements à Dieppe et Caen-Ouistreham) ou encore de Saint-Nazaire, sur la façade Atlantique-Manche, et des ports de Marseille-Fos et de Port-la-Nouvelle sur le bassin méditerranéen⁶.

⁴ Région Bretagne, portbrest.bretagne.bzh

⁵ Brest.fr, EMR et port de Brest : 250 emplois attendus avec l'arrivée de Navantia, 2019

⁶ Région Normandie, *Les Energies Marines Renouvelables, les infrastructures portuaires dédiées et les projets industriels de la Normandie*, 2019

ZOOM 4

Les autres énergies marines renouvelables

La Programmation pluriannuelle de l'énergie ne prévoit pas à ce stade d'objectifs chiffrés pour le développement des énergies marines renouvelables autres que l'éolien en mer. Ces filières représentent pourtant une vraie opportunité pour la France.

Hydrolien : des perspectives de développement industriel pour la filière

La France dispose des courants parmi les plus forts au monde et présente un potentiel techniquement exploitable pour l'énergie hydrolienne de 3 000 à 5 000 MW (source : IFREMER 2008, M'PRIME, FEM), soit 30% de la ressource européenne. Deux grandes zones bien identifiées concentrent le gisement le plus important : le Raz Blanchard en Normandie et le passage du Fromveur en Bretagne.

L'hydrolien demeure aujourd'hui une technologie récente, bénéficiant d'environ dix ans d'expérience et pour laquelle la filière française peut compter sur un bon positionnement stratégique et international de ses acteurs clés. La maturité technologique de la filière progresse au fil des mois, comme en témoignent les réalisations des divers acteurs français de l'hydrolien, ayant déjà concrétisé la mise à l'eau de plusieurs machines en France ou à l'étranger, en zones marines ou fluviales, en tant que fermes pilotes et démonstrateurs produisant en conditions réelles sur le réseau électrique ou via des sites d'essai.

Par ailleurs, les progrès effectués avec les premiers déploiements sont très encourageants : les coûts de la filière ont ainsi déjà baissé de 40% depuis 2015.

Accompagner l'innovation et la maturation technologique de l'houlomoteur et de l'énergie thermique des mers (ETM)

Le houlomoteur et l'énergie thermique des mers présentent d'importantes opportunités de développement, notamment en zone tropicale ou insulaire pour l'ETM par exemple. Néanmoins, afin de surmonter les défis techniques associés à la résistance de tels systèmes à toutes les conditions de mer, les expériences, essais, tests et innovations doivent se poursuivre au fil des prochaines années.

Il est donc essentiel que l'État confirme le maintien de l'accompagnement du développement de ces technologies, par un soutien à l'innovation sur des briques technologiques et la concrétisation, dans les dix prochaines années, pour les filières les plus avancées, de démonstrateurs et de fermes pilotes, étape essentielle pour préfigurer les conditions technico-économiques d'un développement commercial envisagé à plus long terme.

SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE

Les objectifs de la PPE pour 2028 pour le solaire photovoltaïque sont de 44 GW de capacité installée, et confirment le potentiel important de la filière en France et son rôle majeur dans la transition énergétique.

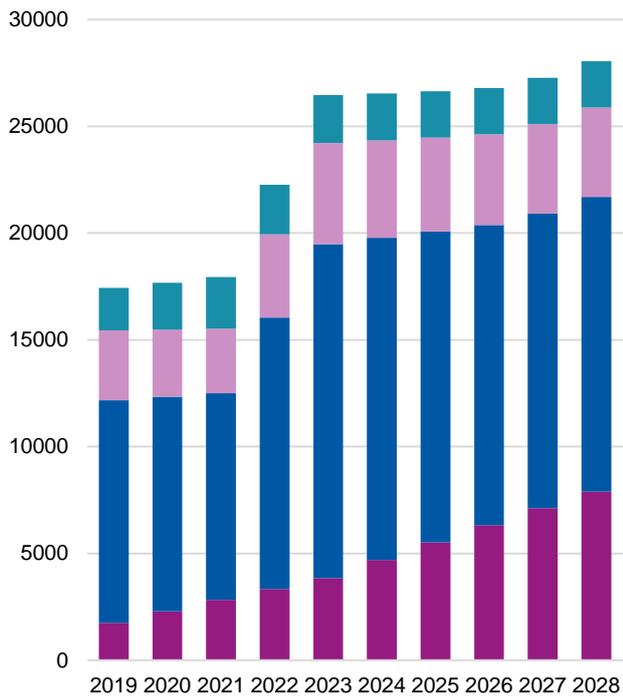
L'année 2019 a été marquée par une poursuite du renforcement du cadre législatif et réglementaire. La Loi Energie-Climat a renforcé le cadre de développement pour les projets photovoltaïques pour les bâtiments de plus de 1000 mètres carrés; le Gouvernement a annoncé que le guichet ouvert serait étendu aux installations au moins jusqu'à 300 kWc afin de massifier les projets sur ce segment. La Loi de Finance 2020 a par ailleurs répondu à une attente de la profession en abaissant la fiscalité pour les installations PV de plus de 100 kW avec la réforme de l'IFER. Le marché de l'autoconsommation a fait l'objet de plusieurs évolutions visant à faciliter son développement, avec par exemple la clarification des règles d'exonération de la TICFE. Les acteurs de la filière se sont également mobilisés pour affiner les modalités de calcul du bilan carbone des modules photovoltaïques.

Les ambitions françaises pour cette filière devraient générer d'importantes retombées économiques sur le territoire. Pour la France métropolitaine, d'après les résultats de l'étude, la filière, qui représente déjà plus de 17 000 ETP directs et indirects en 2019, pourrait compter 24 000 ETP directs environ en 2028, soit une croissance de 53%. La modélisation montre une forte inflexion à la hausse de ces indicateurs dès 2021-2023, en particulier sur le segment de la construction et de l'installation, résultant de l'accélération de la trajectoire de la PPE. La part relative à l'exploitation des installations est en croissance mais demeurera moins conséquente que la construction et l'installation qui sont intenses en création de valeur ajoutée et d'emplois. Enfin, la production d'équipements représente le troisième segment de la création de valeur, mais aussi celui dont le potentiel de croissance est le plus important, avec des conséquences positives pour le développement de l'industrie française du photovoltaïque.

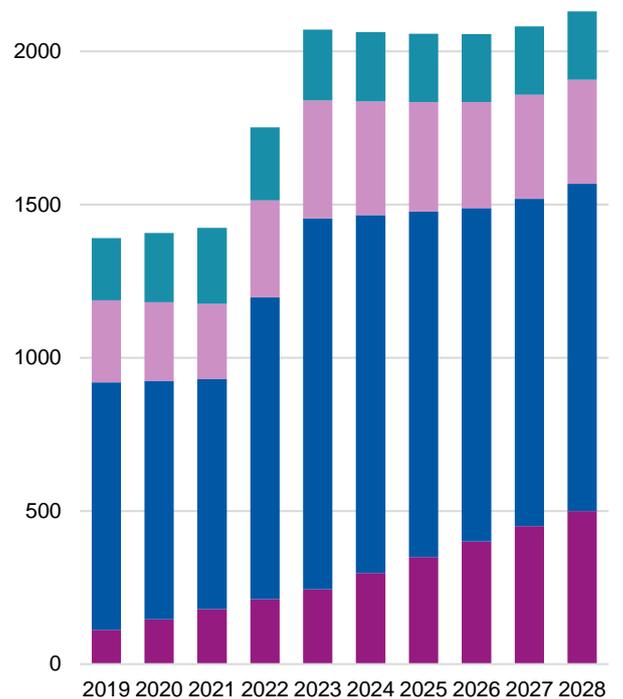
Ces retombées économiques sont distribuées sur l'ensemble du territoire métropolitain avec une prépondérance attendue pour les régions de la moitié sud du pays qui disposent des parcs et gisements les plus importants.

La mise en place d'une politique industrielle renforcée avec une augmentation de la part locale mènerait à une augmentation de 15 % de la valeur économique générée sur la décennie. Cette valeur additionnelle concerne particulièrement la fabrication de modules, d'onduleurs et des structures qui reposent aujourd'hui à plus de la moitié sur des importations.

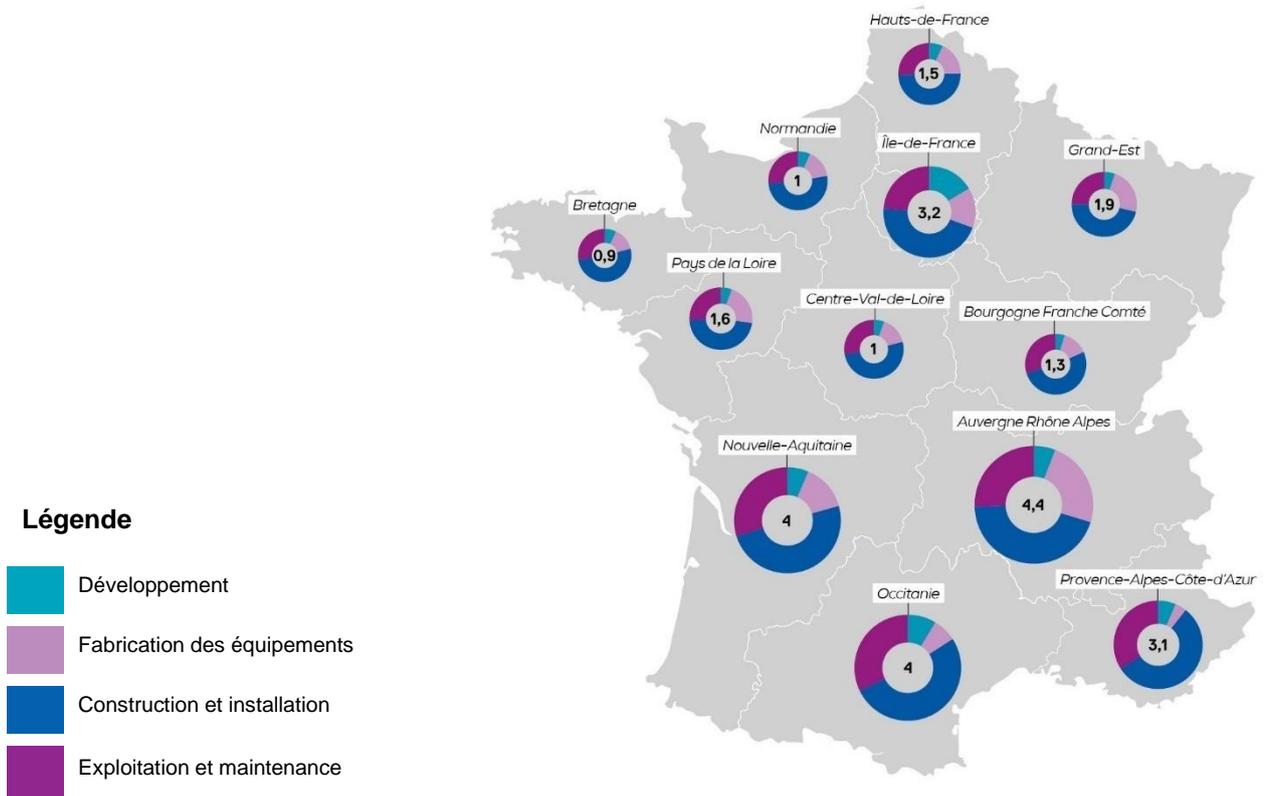
**ETP directs et indirects
(Scénario PPE + Exportations) en ETP**



**Valeur ajoutée directe et indirecte
(Scénario PPE + Exportations) en millions d'euros**



Distribution des emplois en 2028 (en millier d'ETP)



ZOOM 5

Le stockage d'électricité

La transition énergétique nécessitera à horizon 2030 de disposer de nouveaux moyens de flexibilité du système électrique

Les principales énergies renouvelables à fort potentiel de développement sont variables. Leur déploiement massif entraîne un besoin en flexibilité, pour lequel le stockage fait partie des solutions étudiées. Si l'essentiel du stockage est aujourd'hui, en France et dans le monde, assuré par la filière hydroélectrique, certaines analyses prévoient pour ces prochaines années un déploiement important du stockage par batterie lithium-ion, à la fois sur les segments de marché stationnaires et embarqués (véhicules électriques). Ainsi, à l'horizon 2025, le seul besoin mondial en stockage stationnaire pourrait atteindre 230 GW, soit plus de 25 fois plus qu'en 2018⁷. Parallèlement, selon RTE et à l'horizon 2035 en France, la capacité de stockage cumulée des véhicules électriques pourrait représenter 6 à 11 fois celle des STEP⁸.

Un marché des batteries dominé par l'Asie qui tarde à se développer en France

Le marché mondial des batteries pour usage stationnaire pourrait représenter des investissements cumulés de 662 milliards de dollars d'ici 2040⁷, mais le marché français tarde à se structurer en raison d'un besoin en flexibilité satisfait par d'autres options très compétitives (hydroélectricité, effacements de consommation, interconnexions, foisonnement ...). Cependant, la rapide baisse des coûts des batteries observée ces dernières années laisse à penser qu'à l'horizon 2035 le stockage par batterie pourrait jouer un rôle important dans la transition énergétique en France. De premiers engagements ont été pris afin de positionner l'Europe sur ce maillon essentiel de la transition énergétique, dans un contexte où la quasi-totalité des batteries lithium-ion est aujourd'hui fabriquée en Chine, au Japon ou en Corée.

L'enjeu des effets d'échelle au cœur de la dynamique du marché français et de l'essor d'une filière industrielle

Dans un contexte mondial de fort développement des énergies renouvelables variables, la maîtrise des technologies de flexibilité est une opportunité de marché conséquente et un enjeu fort d'indépendance énergétique, les batteries jouant un rôle de plus en plus critique dans la stabilité des réseaux. La constitution d'un outil industriel de grande ampleur pour la production des batteries est nécessaire pour atteindre les économies d'échelles permettant d'être compétitif avec les concurrents asiatiques.

En Europe, les initiatives récentes vont dans le sens de l'émergence d'une filière de production de batteries de grande ampleur, ce qui se traduit par des engagements d'investissements significatifs. A l'avant-garde de ces engagements, la France et l'Allemagne ont officialisé, en mai 2019, la création d'un « Airbus de la batterie ». 5,5 milliards d'euros vont être investis pour ce projet⁹, dont l'objectif est de déployer une filière de production de batteries « améliorées », de grande ampleur et respectueuses de l'environnement.

Un investissement dans une filière industrielle française serait par ailleurs source d'emplois et de croissance. Selon les estimations de l'ADEME, la filière pourrait générer plus de 10 000 ETP à l'horizon 2030¹⁰.

⁷ BloombergNEF, *Energy Storage Investments Boom As Battery Costs Halve in the Next Decade*, 31 juillet 2019

⁸ *Rapport sur les enjeux du développement de l'électromobilité pour le système électrique*, mai 2019

⁹ *Annonce du Gouvernement français*, 7 mai 2019

¹⁰ ADEME, ATEE, DGCIS, *Etude sur le potentiel du stockage d'énergies*, 21 octobre 2013

ZOOM 6

Les investissements liés au raccordement du réseau

Des investissements massifs pour accueillir les EnR sur les réseaux

En 2019, le gestionnaire du réseau de transport d'électricité RTE prévoit 33 milliards d'euros¹¹ d'investissement pour la modernisation des réseaux publics d'électricité. Cette estimation, qui s'inscrit dans le cadre du nouveau schéma décennal de développement du réseau (2021-2035), anticipe l'arrivée massive d'EnR sur les réseaux, tel que prescrit par la loi de transition énergétique et la PPE. En effet, 20 milliards d'euros¹¹ devront être mobilisés pour l'adaptation du réseau de transport à l'évolution du mix, dont 7 milliards pour le raccordement des parcs éoliens en mer. En outre, pour mutualiser les capacités de production, 2 milliards seront dédiés au développement des interconnexions avec nos voisins européens, permettant de doubler les capacités d'interconnexions – 30 GW¹¹ d'ici 2035 contre 12 à 15 GW aujourd'hui.

Cela représentera la plus grande réorganisation du réseau depuis les années 1980, lors du déploiement à grande échelle du parc électronucléaire.

Anticiper et préparer le réseau pour l'accueil des EMR

RTE planifie la construction d'un réseau pour le raccordement des énergies marines. Au total, 1500 km de liaisons sous-marines sont en projet sur l'ensemble des façades maritimes¹². La dynamique pour raccorder une dizaine de parcs éoliens en mer à moyen terme est déjà enclenchée, avec plus de 200 salariés travaillant sur des projets EMR. L'enjeu est de déterminer les modalités techniques et économiques. RTE mise sur la mutualisation du raccordement, notamment grâce au développement de « hubs », des plateformes en mer qui favorisent la coexistence des usages et qui seront à même de raccorder plusieurs parcs le cas échéant

Un raccordement intelligent pour optimiser le réseau terrestre

Bien que l'évolution des infrastructures existantes soit privilégiée pour le réseau terrestre, RTE souhaite également la mise en œuvre des Smart Grids. Alliés des énergies renouvelables, les réseaux intelligents permettent de développer la souplesse, la réactivité et l'efficacité du système électrique. De nombreuses expériences au niveau local ont été menées par RTE avec les gestionnaires de réseau de distribution (Enedis en premier lieu) et les collectivités, comme les projets Smart Grid Vendées, ou l'installations de capteurs intelligents dans le Lot-et-Garonne. L'enjeu est à présent d'industrialiser à plus grande échelle les outils déjà testés.

¹¹ RTE, www.rte-france.com SDDR 2019

¹² RTE, www.rte-france.com, Raccorder les énergies marines renouvelables (EMR)

SOLAIRE THERMIQUE

Les ambitions de la PPE pour cette filière naissante sont de 3 GW de capacité installée en 2028. Représentant environ 3 millions de m², le parc solaire thermique en France métropolitaine a un important potentiel de croissance et pourrait occuper une place de premier plan dans la transition énergétique. Aujourd'hui, jusqu'à 10 % des usages de la chaleur dans l'industrie pourraient être couverts par la chaleur solaire selon les données du SER, pour une production totalement neutre d'un point de vue des émissions de carbone.

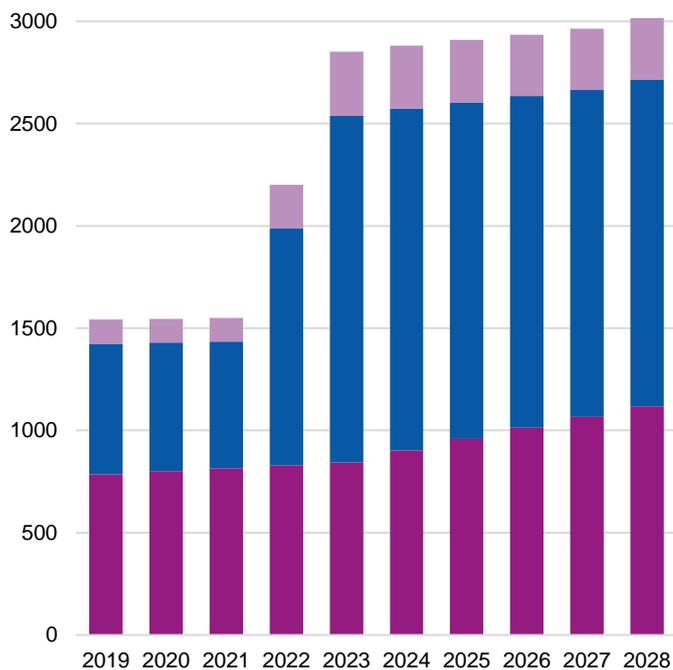
En 2019, les règles de l'appel à projets pour les grandes installations solaires ont évolué mais restent encore perfectibles.

Les résultats de l'étude sont alignés avec le fort potentiel de croissance pressenti pour la filière, avec une multiplication par deux de la valeur créée pour la période considérée, soit jusqu'à 228 millions d'euros générés en 2028. Les emplois directs et indirects représentent quant à eux près de 1500 ETP en 2019 et pourraient atteindre 3000 ETP en 2028, dont plus de 60 % d'emplois directs. La construction et l'installation ainsi que l'exploitation et la maintenance concentrent les emplois et la valeur, témoignant à la fois de la nouveauté et du dynamisme de la filière. La faible part des équipements appelle à développer le tissu industriel pour maximiser les retombées potentielles de la filière sur le territoire. Le pic de croissance des emplois et de la valeur ajoutée générés entre 2022 et 2023 reflète l'accélération des objectifs de production prévus par la PPE, de 1,5 TWh en 2018 à 1,75 TWh en 2023 puis 2,5 TWh en 2028.

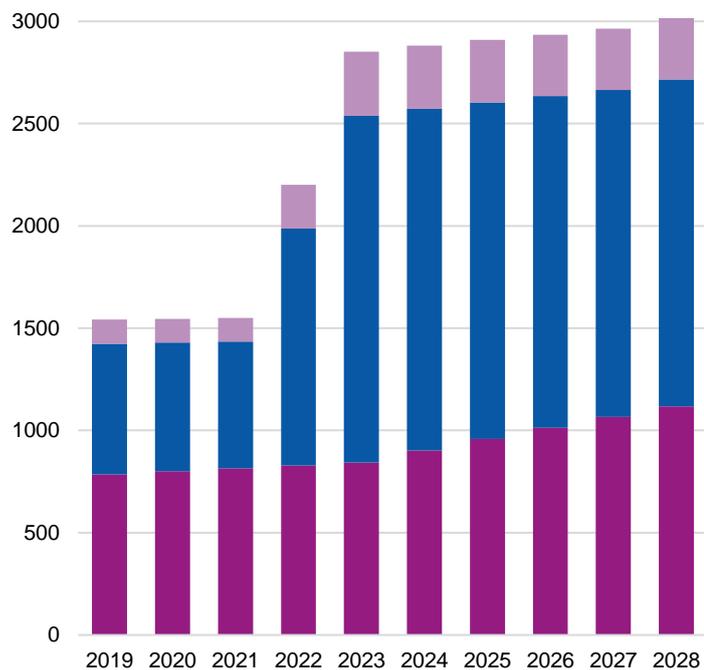
Les résultats régionalisés mettent en valeur les gisements les plus importants, avec une concentration des retombées économiques en Occitanie, en Auvergne-Rhône-Alpes et en Provence-Alpes-Côte-d'Azur. Les régions Grand-Est et Nouvelle -Aquitaine bénéficieraient également du développement de la filière.

En suivant le scénario SER pour cette filière (soit un objectif 2028 fixé à 2,98TWh au lieu de 2,50TWh), 0,7 milliard de valeur ajoutée additionnelle serait générée. Cela correspond à 37 % de valeur ajoutée supplémentaire par rapport à un scénario PPE. Un renforcement de la filière menant à une augmentation de la part locale pourrait aussi avoir un impact significatif avec 15 % de valeur économique additionnelle. Cela concerne principalement la fabrication des équipements dont 75 % sont considérés comme étant importés actuellement.

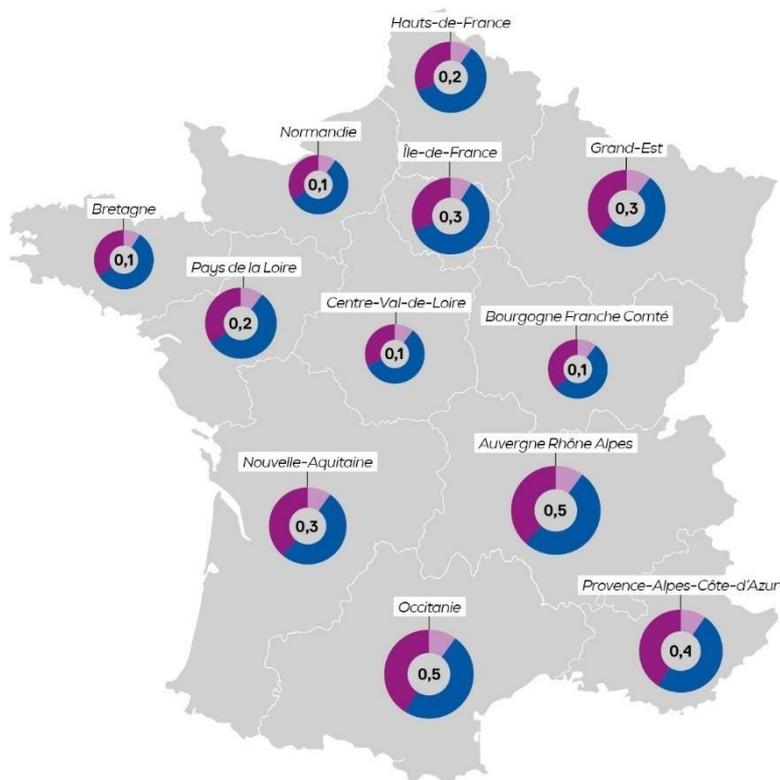
Emplois générés en suivant la trajectoire haute de la PPE (en ETP)



Valeur ajoutée générée en suivant la trajectoire haute de la PPE (en millions d'euros)



Distribution des emplois en 2028 (en millier d'ETP)



Légende

- Développement
- Fabrication des équipements
- Construction et installation
- Exploitation et maintenance

METHANISATION

La PPE vise un objectif de 32 TWh de production de gaz renouvelable, dont 22 TWh d'injection de biométhane dans les réseaux de gaz d'ici 2028.

Les objectifs de la PPE sont peu ambitieux et en dessous des objectifs de développement fixés dans la Loi de Transition Énergétique pour la Croissance Verte (LTECV) ; pourtant la filière des gaz renouvelables est en pleine expansion.

Fin 2019, près de 900 installations produisent et valorisent du biogaz, ce chiffre augmentant chaque année de près de 25%. La filière d'injection de biométhane, en particulier, double chaque année sa production depuis 2015, notamment grâce au soutien apporté par les pouvoirs publics via la mise en place de dispositifs réglementaires et économiques (tarifs d'achat, droit à l'injection et prise en charge des coûts de raccordement à hauteur de 40 % par les gestionnaires de réseaux, etc.) Les gaz renouvelables présentent l'avantage de répondre à trois débouchés énergétiques (électricité, chaleur et carburant) et de s'inscrire dans l'économie circulaire, agricole et locale, avec de nombreuses externalités positives : valorisation locale des déchets, contribution à la résilience du tissu agricole et agroalimentaire, décarbonation des secteurs énergétique et agricole, retour au sol du digestat comme matière fertilisante naturelle, création d'emplois locaux, source d'innovation (pyrogazéification, power-to-gas, gaz porté, méthanisation des algues, etc.). Les gaz renouvelables participent à l'indépendance énergétique avec la production durable d'une énergie renouvelable stockable dans les réseaux et produite à proximité des zones de consommation.

L'ambition de la filière méthanisation est de développer une filière compétitive, créatrice d'emploi et de valeur sur le territoire. Pour cela, elle travaille activement, notamment dans le cadre du CSF « Industrie des nouveaux systèmes énergétiques ».

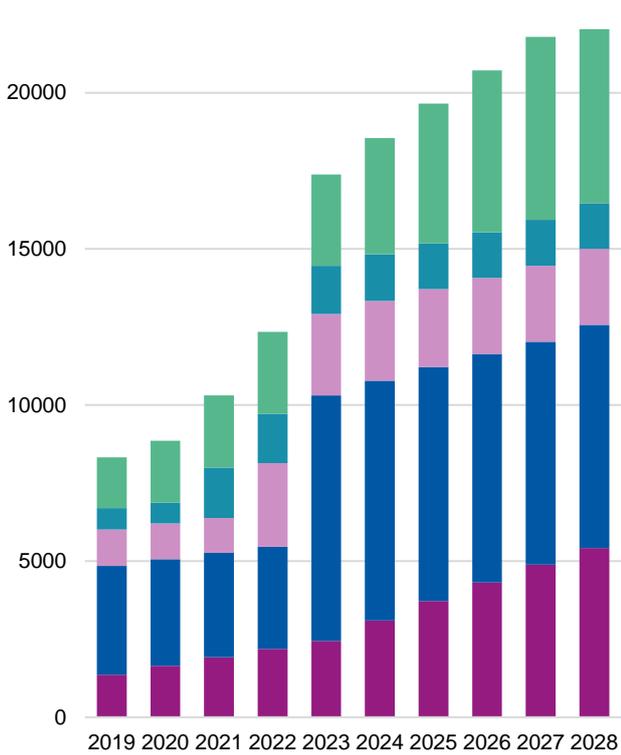
La méthanisation s'inscrit dans une logique d'économie locale avec des retombées économiques importantes. En matière d'emplois, la filière enregistre la quatrième plus forte croissance parmi les filières du périmètre de l'étude, avec environ 10 000 ETP directs et indirects en 2019 et près de 26 500 en 2028. La valeur ajoutée générée monte jusqu'à 2,1 milliard d'euros en 2028, confirmant son importance dans la création de richesse pour le pays. Les agriculteurs en sont les premiers bénéficiaires, en tant que producteurs de matière première et producteurs d'énergie : un quart des emplois générés en 2028 soutiendront la filière agricole. La construction et l'installation des unités de méthanisation représentent le principal segment de création de valeur.

Les résultats de la régionalisation montrent une répartition très homogène de la valeur et des emplois générés par la filière, liée notamment à la très bonne distribution du gisement disponible en France, faisant de la méthanisation une filière clé pour la transition écologique des territoires. Le gisement et la distribution des ressources permet d'anticiper un potentiel de développement pouvant aller au-delà des objectifs hauts de la PPE.

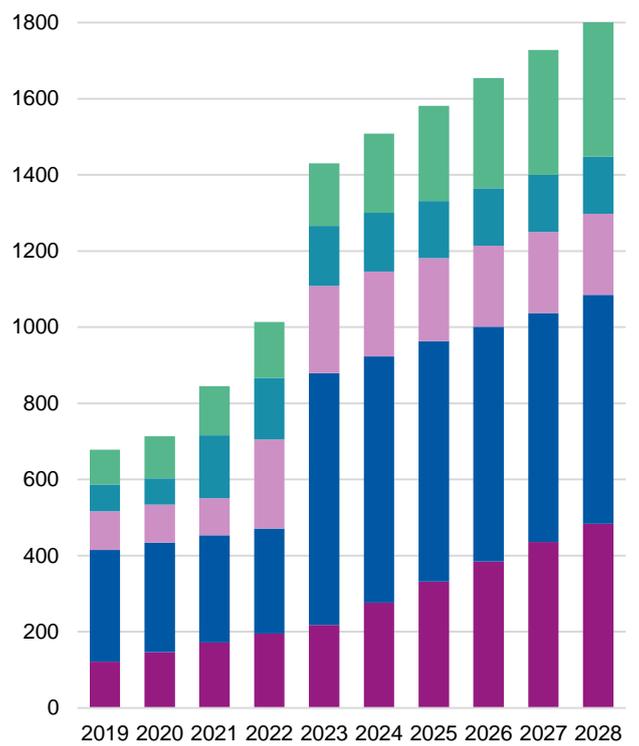
Les objectifs de la PPE pour cette filière, en particulier pour le biométhane injecté, minimise un gisement de valeur ajoutée important. 18 milliards de valeur ajoutée additionnelle pourrait être générée en fixant un objectif de 30% de biométhane injecté en 2030. Cela revient à doubler la valeur ajoutée générée sur la décennie par la filière méthanisation dans son ensemble.

La part locale des équipements constituant les unités de méthanisation est aujourd'hui autour de 20% pour les épurateurs et de 50% pour les autres types d'équipements. Diviser les importations par deux permettrait de générer une valeur supplémentaire de 1,3 milliards d'euros cumulés sur la décennie à venir, c'est-à-dire 4% de valeur en plus par rapport à la valeur générée avec les taux d'importations actuels.

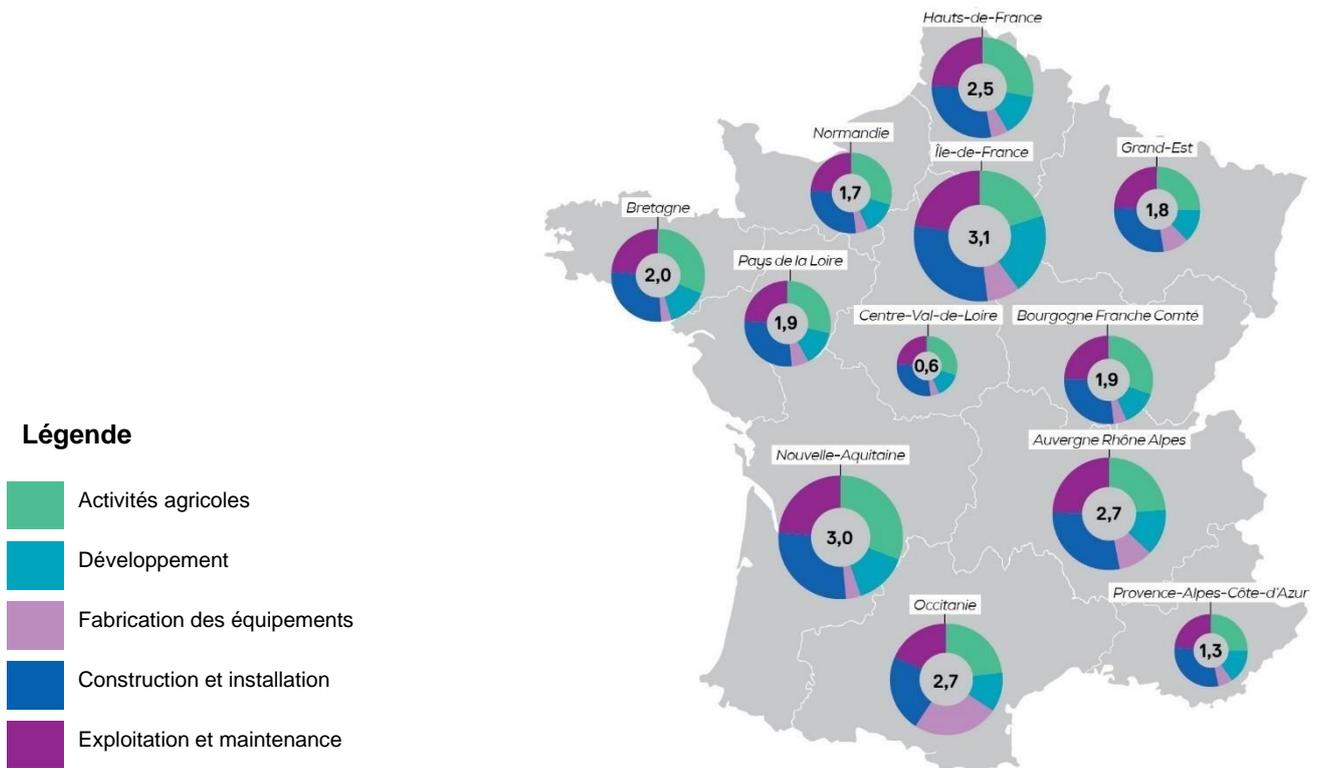
Emplois générés en suivant la trajectoire haute de la PPE (en ETP)



Valeur ajoutée générée en suivant la trajectoire haute de la PPE (en millions d'euros)



Distribution des emplois en 2028 (en millier d'ETP)



BOIS DOMESTIQUE

Pour le bois domestique, la PPE vise une production de chaleur constante à hauteur de 80TWh annuels, mais une augmentation importante du nombre de logements équipés d'un appareil de chauffage au bois.

La filière bois domestique française travaille depuis de nombreuses années à l'amélioration des appareils de chauffage pour les rendre de plus en plus performants énergétiquement et écologiquement. Les fabricant d'appareils de chauffage au bois domestique ont ainsi lancé en 2000, avec le concours de l'ADEME, le Label Flamme Verte qui a vocation à promouvoir l'utilisation d'appareils performants dont la conception répond à une charte de qualité exigeante en termes de rendement énergétique et d'émissions de polluants. Afin de permettre aux particuliers de s'équiper d'appareils performants ou de remplacer leurs équipements anciens et foyers ouverts, plusieurs mécanismes ont été mis en place, tels que le Crédit d'impôt transition énergétique (CITE) amené à être transformé en une prime, ou les Fonds Air-Bois.

Avec plus de de 26 000 ETP directs et indirects générés en 2019, les résultats de la modélisation confirment le poids économique de cette filière dans les territoires, une contribution encore mal connue dans le débat public. 1,6 milliards d'euros de valeur ajoutée non délocalisable et concentrée dans les zones rurales est générée annuellement. 50 % de la valeur ajoutée est captée par les acteurs des exploitations forestières et producteurs de combustibles.

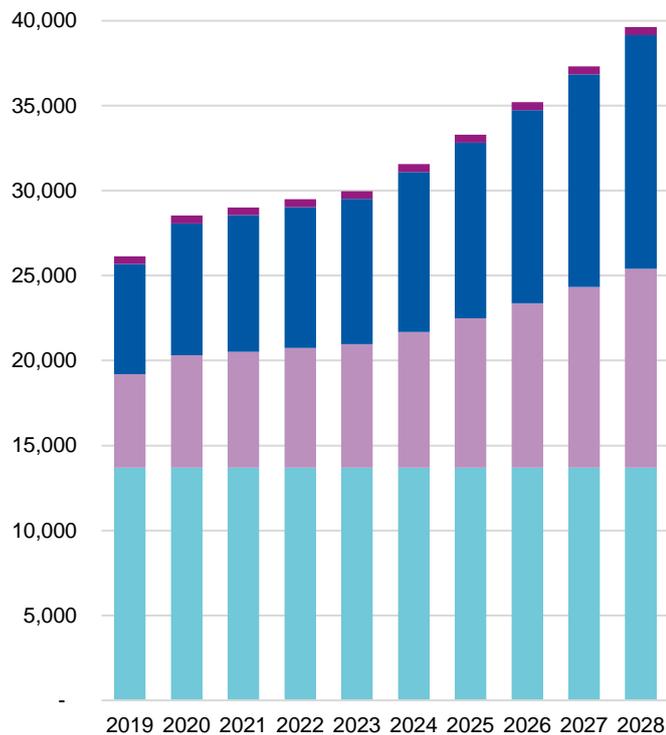
Les ETP augmenteront de 52% entre 2019 et 2028 grâce à une forte croissance des activités liés à la fabrication et à l'installation des équipements : la PPE prévoit de faire passer le nombre de foyers se chauffant au bois domestique de 7,5 millions en 2016 à 11,3 millions en 2028.

A l'échelle régionale, l'étude montre une répartition très équilibrée des retombées économiques, avec tout de même une prépondérance notable des régions bénéficiant des plus importants gisements de ressources forestières, comme la Nouvelle-Aquitaine, le Grand-Est, et l'Auvergne-Rhône-Alpes.

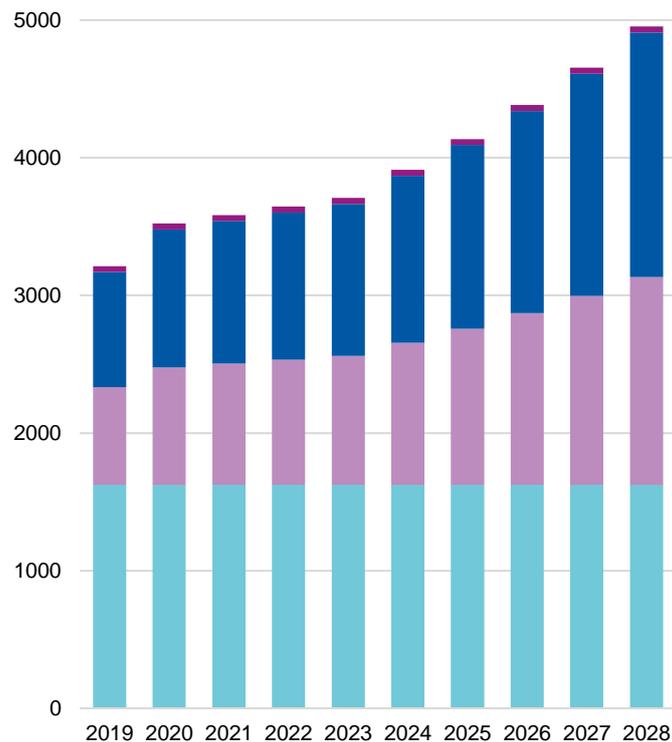
La PPE propose des objectifs de production de chaleur constants sur la décennie à venir, là où le scénario SER propose une augmentation de 20% entre 2019 et 2028. Ce scénario semble plus cohérent avec l'objectif d'augmentation du nombre de foyers se chauffant au bois. Cela permettrait par ailleurs de générer 2 milliards d'euros, soit 5% de valeur ajoutée additionnelle sur la décennie à venir par rapport à des objectifs de production constants à 80 TWh.

Aujourd'hui, le marché informel représente 82% du marché de la bûche de la filière du bois domestique. Augmenter la part du marché de bois bûche « formel » de 18% à 45% générerait un supplément de 7,3 milliards d'euros sur la période 2018-2028 en professionnalisant la filière.

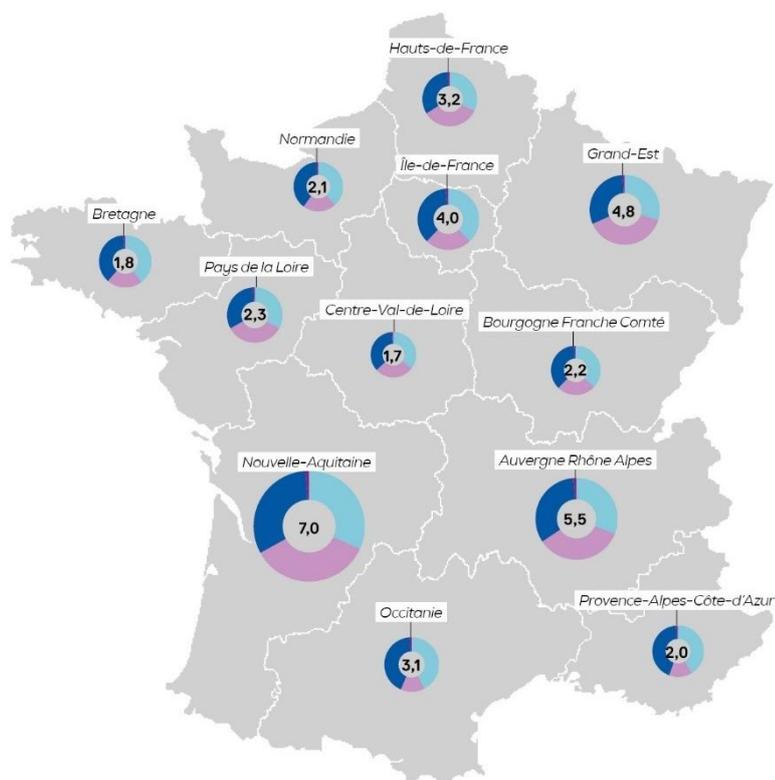
Emplois générés en suivant la trajectoire haute de la PPE (en ETP)



Valeur ajoutée générée en suivant la trajectoire haute de la PPE (en millions d'euros)



Distribution des emplois en 2028 (en millier d'ETP)



Légende

- Exploitation forestière et production de combustibles
- Fabrication des équipements
- Installation des équipements
- Exploitation et maintenance

BOIS COLLECTIF TERTIAIRE ET INDUSTRIEL

La PPE vise une production de chaleur renouvelable d'environ 82TWh à fin 2028 pour la filière bois collectif, tertiaire et industriel, ce qui représente un triplement par rapport à la production actuelle.*

En 2018, le bois énergie collectif, tertiaire et industriel a produit 17% de la chaleur renouvelable consommée en France. C'est également une filière de production d'électricité (via un procédé de cogénération) qu'il convient de continuer à soutenir, même si la PPE ne prévoit pas d'objectif de développement, car elle est également productrice de valeur ajoutée.

La filière souffre depuis plusieurs années d'une perte de compétitivité liée à la baisse du prix des énergies fossiles, qui a fortement ralenti sa dynamique de développement. Le gel de la trajectoire de hausse de la Contribution Climat Energie a également constitué dans ce contexte un signal très négatif pour la filière, comme pour toutes les filières de production de chaleur renouvelable. Mais son potentiel de développement reste important et, avec la mise en place des mesures nécessaires, elle pourra rattraper son retard.

Les résultats de la modélisation attestent du poids économique de cette filière pour l'ensemble du territoire, une contribution encore mal connue dans le débat public. La trajectoire de la PPE verrait augmenter de 26 % le nombre d'ETP directs et indirects entre 2019 et 2028, passant de plus de 26 000 ETP à près de 34 000 ETP.

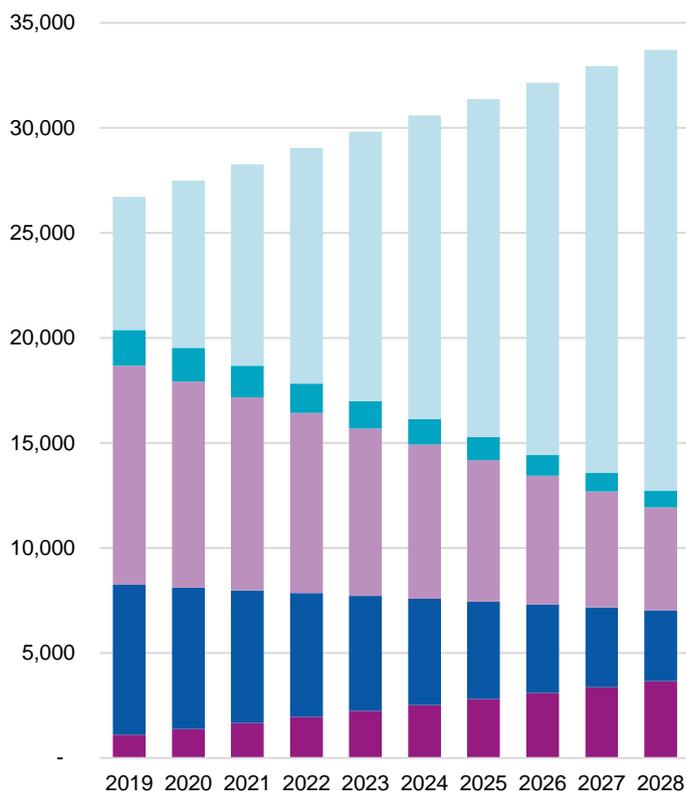
En 2028, la filière génèrera environ 3,2 milliards d'euros de valeur ajoutée non délocalisable et concentrée dans les zones rurales. En matière de répartition sur les différents segments de la chaîne de valeur, plus de 75 % de la valeur est générée et captée par les acteurs de la ressource en bois, proche des territoires. La filière est par ailleurs portée par un tissu industriel relativement dynamique qui contribue positivement à la création de valeur.

Tout comme le bois domestique, à l'échelle régionale, les retombées économiques sont réparties de façon équilibrée sur le territoire, avec tout de même une prépondérance notable des régions bénéficiant des plus importants gisements de ressources forestières, comme la Nouvelle-Aquitaine, le Grand-Est et l'Auvergne-Rhône-Alpes.

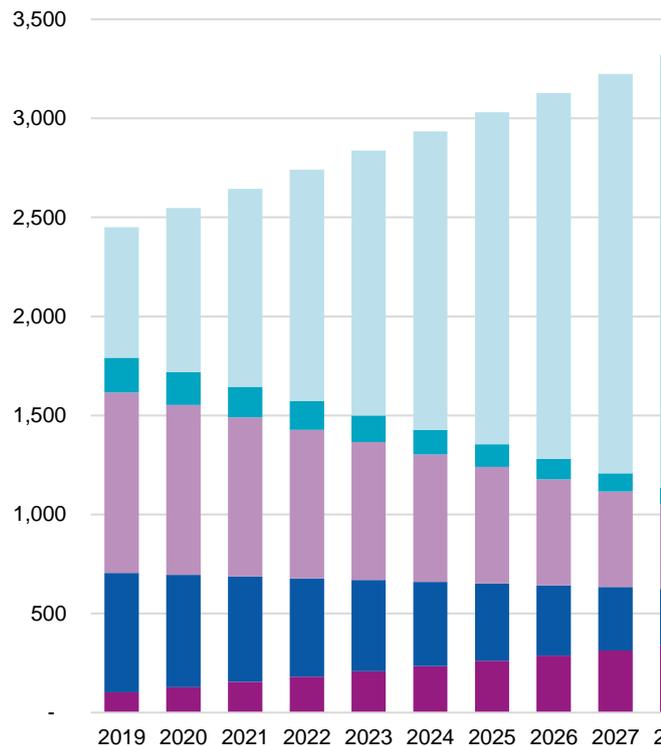
Les objectifs proposés par le SER pour cette filière sont proches de ceux fixés par la PPE. Augmenter la part locale de cette filière ne semble pas présenter une opportunité économique significative compte tenu de l'implantation déjà très française des acteurs de la filière.

* La PPE prévoit 89 TWh de chaleur à partir de biomasse en enlevant les 80 TWh du bois domestique. L'étude estime que 82 TWh seront produits à partir de bois collectif, tertiaire et industriels (en excluant la part renouvelable de la valorisation énergétique des déchets et les autres biomasses).

Emplois générés en suivant la trajectoire haute de la PPE (en ETP)

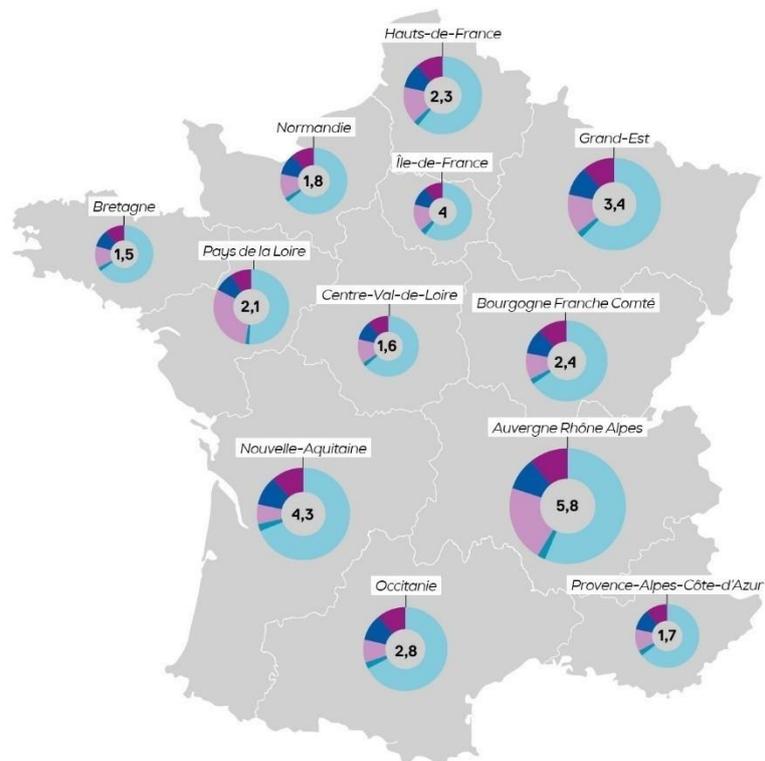
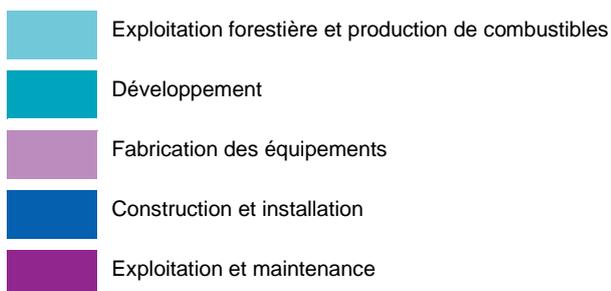


Valeur ajoutée générée en suivant la trajectoire haute de la PPE (en millions d'euros)



Distribution des emplois en 2028 (en millier d'ETP)

Légende



GEOOTHERMIES

La PPE fixe des objectifs pour la géothermie profonde et les PAC géothermiques à 5,20TWh et 7TWh en 2028. Cela correspond à une forte croissance sur la décennie à venir, environ 160 % et 57 % par rapport à 2019. Filière d'énergie renouvelable aux multiples usages (électricité, chaleur, froid, frais) locale, discrète pour les espaces et les populations, la géothermie a un rôle de premier plan à jouer dans la transition et l'indépendance énergétiques du territoire français.

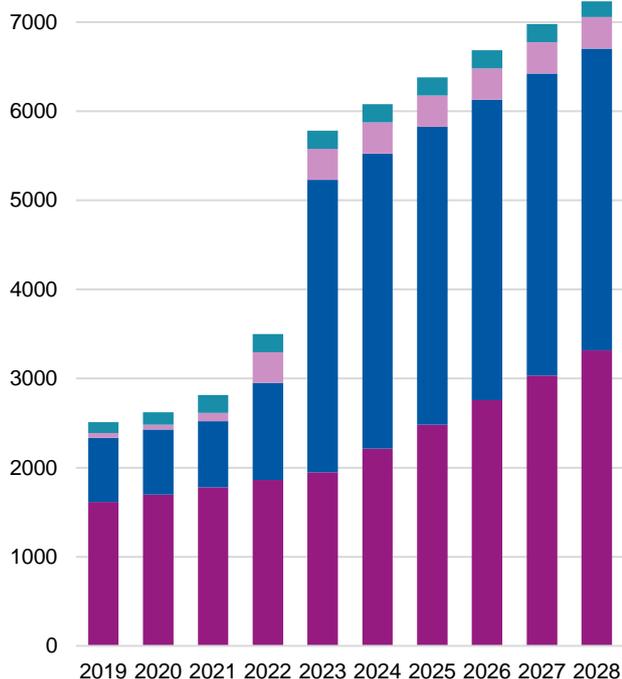
La filière a connu plusieurs évènements marquants en 2019. La Loi de finance pour 2020 intègre des mesures favorables au développement de la géothermie, notamment via l'augmentation de la prime allouée aux systèmes de surface pour les secteurs collectif et individuel. Le cadre législatif et réglementaire a également connu des évolutions au regard de la modification des conditions d'obtention et d'octroi des titres miniers en géothermie profonde, dont les modalités ont été introduites dans le décret du 30 décembre 2019. Sur des thématiques plus techniques, un groupe de travail incluant le SER a poursuivi ses efforts de mobilisation en faveur de l'exploitation des aquifères profonds, dont la ressource est encore peu connue

Les retombées économiques de la filière témoignent d'un important potentiel de croissance en France, d'après les résultats de l'étude. Ainsi, le scénario haut de la PPE permettrait de presque tripler la valeur ajoutée générée par la filière, pour atteindre une valeur d'environ 750 millions d'euros en 2028. Le saut observé entre 2022 et 2023 s'explique par une augmentation de la capacité annuelle installée après 2023. La filière devrait également générer plus de 7000 ETP directs et indirects en 2028, dont environ 3700 ETP directs, contre 2500 ETP directs et indirects en 2019. La construction et l'installation ainsi que l'exploitation et la maintenance concentrent la valeur et les emplois. La faible part des équipements dans la création de valeur, moins de 10 % de la valeur totale générée sur l'ensemble de la période, montre l'importance de développer le tissu industriel local de la filière, afin de maîtriser l'ensemble des maillons de la chaîne.

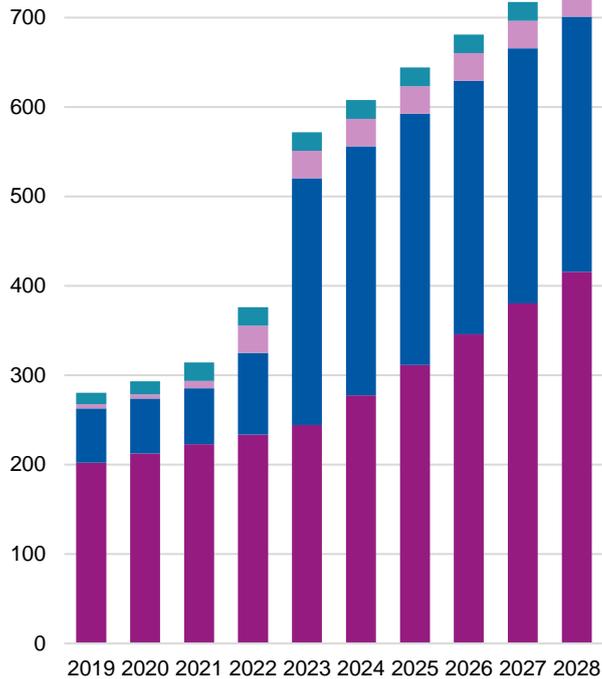
La régionalisation des résultats montre la forte connexion, s'agissant de la géothermie profonde, entre les retombées économiques et le potentiel des ressources des sous-sols des régions. L'Ile-de-France, en tête, et le Grand-Est se démarquent très nettement du reste du territoire. Néanmoins, malgré la forte exploitation des sous-sols les plus prometteurs, il subsiste d'importants potentiels de déploiement dans les zones historiques de la géothermie française.

le SER propose des objectifs 2028 supérieurs à la PPE pour la géothermie profonde et pour les PAC géothermiques. 1,4 milliard d'euros, soit 26%, de valeur économique additionnelle pourrait être générée en cumulé sur la décennie à venir avec des objectifs plus ambitieux.

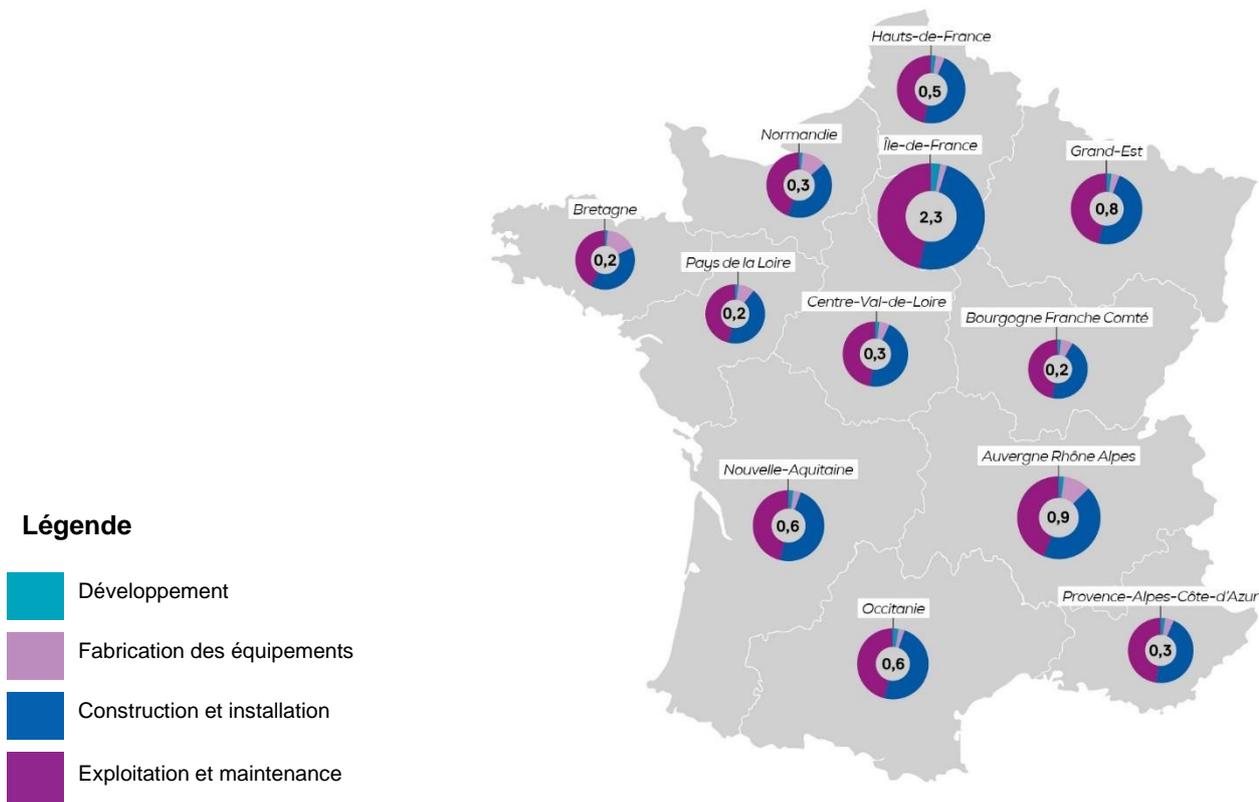
Emplois générés en suivant la trajectoire haute de la PPE (en ETP)



Valeur ajoutée générée en suivant la trajectoire haute de la PPE (en millions d'euros)



Distribution des emplois en 2028 (en millier d'ETP)



AÉROTHERMIE

La trajectoire haute de la PPE fixe un objectif de 42,75 TWh pour les PAC aérothermiques en 2028, soit une augmentation d'environ 60 % par rapport à 2019.

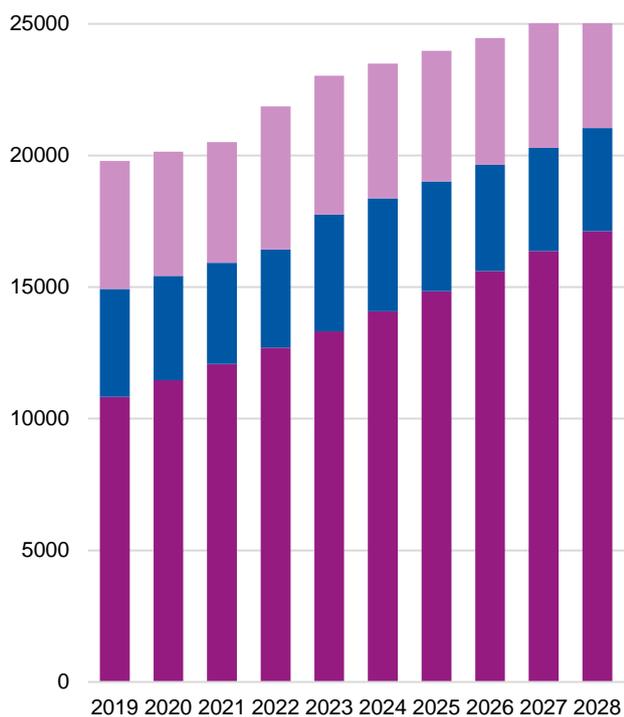
La filière représente 4 % de la consommation finale de chaleur en France avec près de 7 millions d'équipements installés fin 2018. Ces dernières années ont été marquées par une croissance importante pour l'aérothermie. Depuis la LTECV, les enjeux portent sur l'amélioration des dispositifs de soutien financier, notamment pour l'aide à la rénovation dans le secteur résidentiel.

Les résultats de l'étude montrent le potentiel de croissance exploitable de la filière. L'atteinte de l'objectif haut de la PPE permettrait d'augmenter de 31 % les emplois directs et indirects générés par les PAC aérothermiques d'ici 2028. En 2019, le nombre d'ETP directs et indirects de la filière s'élève à près de 20 000 ETP et pourrait augmenter jusqu'à atteindre près de 26 000 ETP. L'exploitation et la maintenance voient leur prégnance augmenter sur la période, jusqu'à représenter près de 65 % des ETP directs et indirects en 2028, renforçant ainsi le caractère local de la filière. Le poids de la fabrication des équipements dans la création de valeur et dans les emplois témoignent d'un tissu industriel français développé. La construction et l'installation génèrent une partie non négligeable et légèrement décroissante des emplois sur l'ensemble de la période. La valeur ajoutée générée par la filière augmenterait de 41% sur la décennie à venir avec 2,5 et 3,5 milliards d'euros générés en 2019 et 2028.

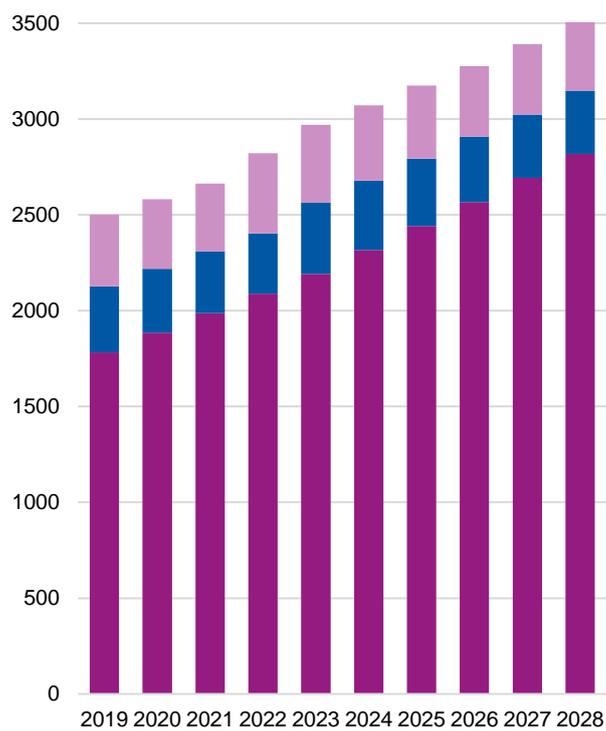
La régionalisation des résultats nationaux confirme la répartition homogène des retombées économiques sur l'ensemble du territoire pour tous les segments de la chaîne de valeur. Le Nord et le Sud Est montrent une légère avance par rapport aux autres régions, en raison de l'implantation géographique des principaux acteurs de la filière et de leurs capacités industrielles sur le territoire.

Cette filière étant déjà bien implantée sur le territoire français, une augmentation de la part locale de la filière aurait peu d'impact par rapport à la valeur économique déjà générée.

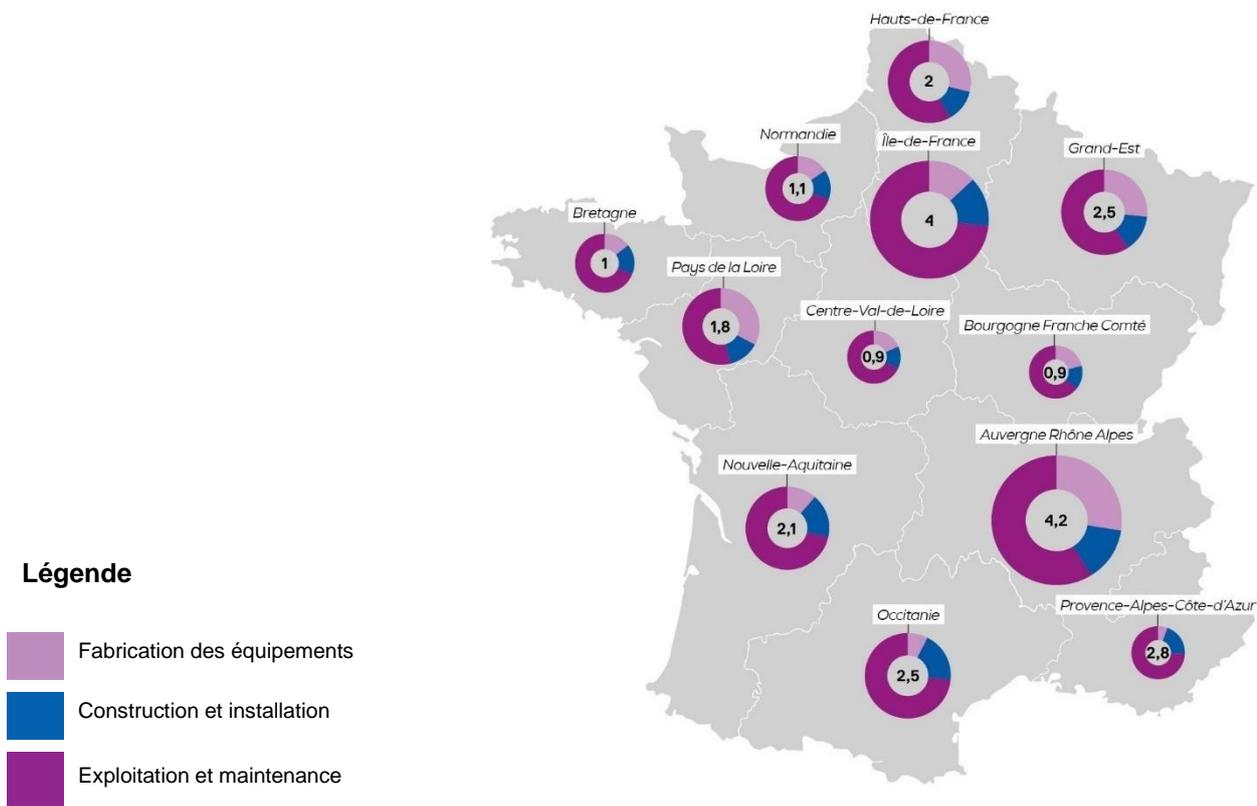
Emplois générés en suivant la trajectoire haute de la PPE (en ETP)



Valeur ajoutée générée en suivant la trajectoire haute de la PPE (en millions d'euros)



Distribution des emplois en 2028 (en millier d'ETP)



BIOCARBURANTS

La directive européenne relative à la promotion de l'utilisation de l'énergie produite à partir de sources renouvelables (dite RED II) fixe un plafond d'incorporation de biocarburants de première génération de 7 % et un objectif minimum d'incorporation de biocarburants avancés de 3,5% en 2030. La PPE, elle, ne fixe d'objectifs de développement que pour les seuls biocarburants avancés, à hauteur de 3,8 % pour la filière essence et 2,8 % pour la filière diesel en 2028.*

Les biocarburants sont essentiels à la décarbonation du secteur des transports, plus gros émetteurs de gaz à effet de serre. En 2018, la part des biocarburants dans la consommation finale du secteur des transports était de 7,4 %, ce qui fait d'eux les principaux contributeurs à l'objectif fixé par la LTECV de 15% d'énergies renouvelables dans ce secteur d'ici 2030. Les biocarburants présentent de nombreux atouts : ils participent à l'indépendance énergétique du pays et à la réduction du déficit de la balance commerciale française, ils sont majoritairement issus d'une agriculture européenne répondant à de hauts standards de durabilité qui assurent un revenu aux agriculteurs et ils génèrent des co-produits de haute valeur pour l'alimentation animale, évitant notamment l'importation de tourteaux de soja.

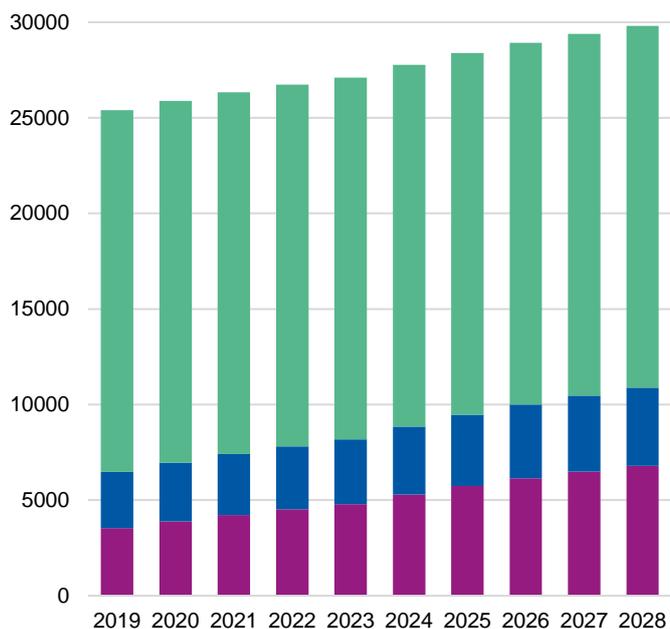
Les biocarburants comptent parmi les filières les plus génératrices d'emploi et de valeur ajoutée en 2019 avec 25 000 ETP et 2 milliard de valeur ajoutée. Cette valeur économique augmente peu du fait de la stabilité du taux d'incorporation des biocarburants de première génération.

Ces biocarburants représentent une source de revenus importante pour le secteur agricole. L'étude estime le secteur agricole va générer en cumulé 11 milliards d'euros de valeur ajoutée sur la période 2019-2028 afin de répondre aux besoins en matières premières de la filière biocarburants.

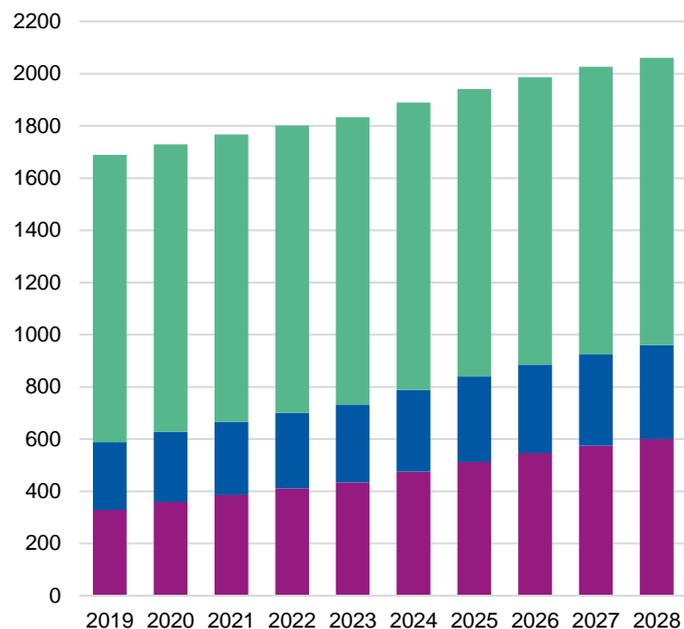
La filière est très liée à la localisation des grandes cultures utilisées comme matières premières pour sa production, comme le montre les résultats de la régionalisation. Les régions actives dans la culture des matières premières nécessaires à la production de biocarburants tels que les oléagineux et la betterave sucrière captent la majeure partie des emplois et de la valeur. Parmi elles, on retrouve ainsi les Hauts-de-France, le Grand-Est, la Nouvelle-Aquitaine, le Centre-Val-de-Loire et l'Occitanie.

**Les biocarburants de première génération sont des biocarburants produits à partir de plantes habituellement destinées à l'alimentation, par opposition aux biocarburants avancés, produits à partir de résidus agricoles, de résidus forestiers ou d'autres matières n'entrant pas en concurrence avec l'alimentation.*

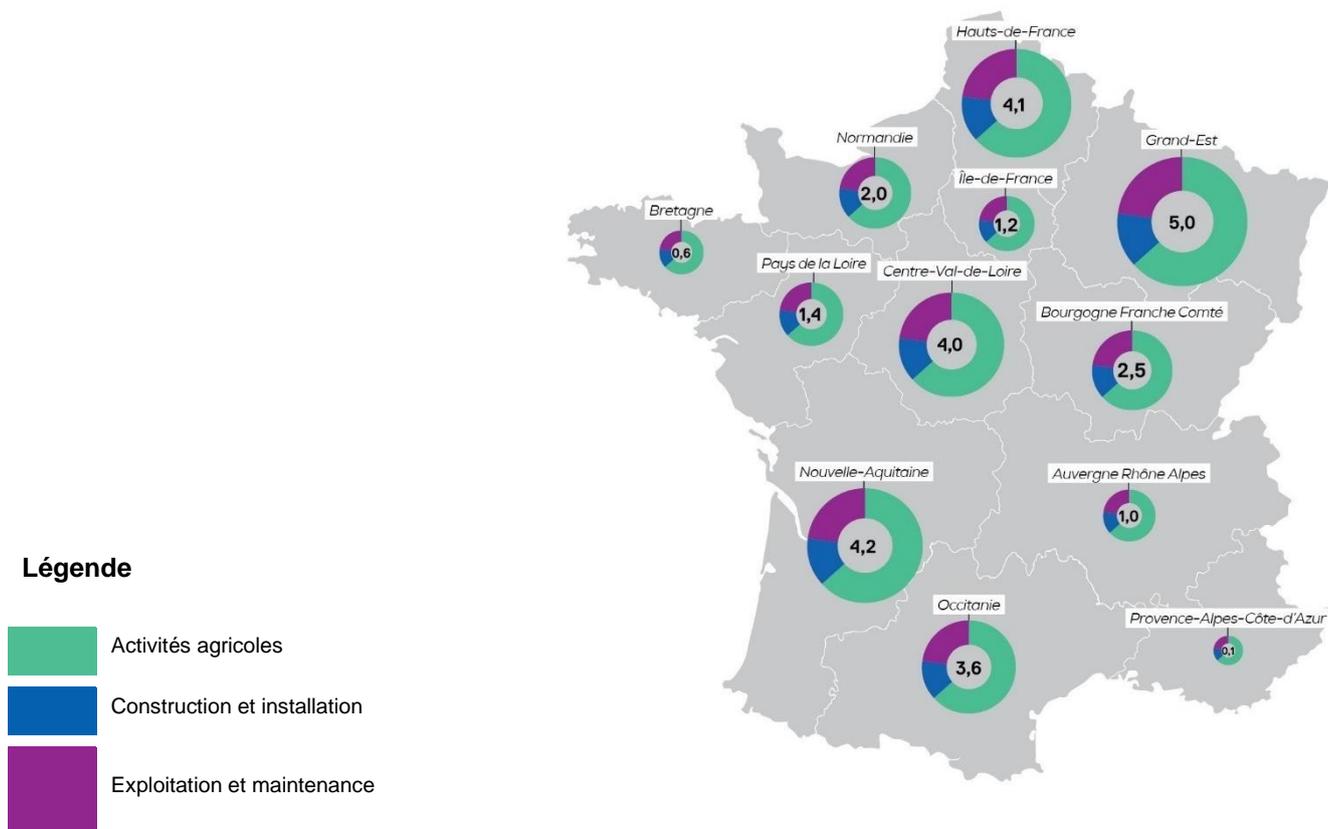
Emplois générés en suivant la trajectoire haute de la PPE (en ETP)



Valeur ajoutée générée en suivant la trajectoire haute de la PPE (en millions d'euros)



Distribution des emplois en 2028 (en millier d'ETP)



METHODOLOGIE

APPROCHE GENERALE

1 Collecte des données nécessaires à la modélisation

L'objectif principal de la phase de collecte de données a été de déterminer pour chaque filière et par maillon de chaîne de valeur quelles étaient les dépenses nécessaires par unité d'énergie telle qu'exprimée par les objectifs de la PPE.

- ◆ Structuration de la chaîne de valeur : chaque filière a été découpée en segments (par exemple : fabrication des équipements) avec une durée en années ; chaque segment a été découpé en postes de dépenses (par exemple : turbine).
- ◆ Dépenses d'investissement et d'exploitation : les dépenses nécessaires au développement, aux équipements, à la construction, à l'exploitation et la maintenance par unité d'énergie ont été estimées pour chaque filière.
- ◆ Part locale : pour chacune de ces dépenses a été estimée la part allant vers des fournisseurs français. Ces hypothèses ont été formulées à partir de données bibliographiques et validées lors d'entretiens avec les acteurs et professionnels.

Filière	Principales références	Nombre d'entretiens
Hydroélectricité	ADEME 2019 et 2016, Irena 2018	5
Eolien terrestre	Wood Mackenzie 2018, ADEME 2017	10
Eolien en mer	Commission Européenne 2019, CRE 2019, Rapport AO Dunkerque	8
Solaire	CRE 2019, ADEME 2017	13
Géothermie	ADEME 2019 et 2016	3
PAC	ADEME 2019 2017 et 2019, Afpac 2018	2
Bois collectif, industriel et tertiaire et bois domestique	ADEME 2019, 2018 et 2016, SER 2013, Observ'ER 2019	6
Méthanisation	CRE 2019, ATEE 2018, ENEA consulting 2019, ADEME 2019, 2018, 2017 et 2016	4
Biocarburants	ADEME 2019 et 2017, EY 2015, E-cube 2019	3

2 Modélisation des impacts économiques nationaux

Emplois et valeur ajoutée : le modèle utilisé par EY pour modéliser les retombées socio-économiques s'appuie sur les travaux de l'économiste Wassily Leontief. Ces travaux reposent sur l'utilisation de tables entrées-sorties symétriques permettant de modéliser les interdépendances de l'ensemble des secteurs d'activité d'une économie donnée (ici la France). Les tables entrées-sorties utilisées pour ce projet sont celles issues d'Eurostat. Chaque poste de dépenses identifié en phase 1 a été assimilé à l'un des 65 secteurs des tables entrées-sorties.

Retombées fiscales : les taxes générées pour l'Etat et les collectivités locales ont été estimées pour chaque filière sur la période 2019-2028 (exemples : cotisations salariales et patronales, CVAE, IFR, redevance forfaitaire d'occupation du domaine public). Les bénéficiaires (Etat, région, département, commune, EPA) ont été définis pour chaque taxe afin d'isoler la part allant vers les collectivités locales.

Facture énergétique : la facture énergétique des filières chaleur a été calculée en estimant le volume d'énergie fossile qu'il serait nécessaire d'importer sans production de chaleur renouvelable sur le territoire français. Ces volumes (gaz naturel, fioul, charbon) ont été ramenés à un coût à partir des coûts d'importation des énergies fossiles déterminés par le MTES.

3 Régionalisation des impacts économiques

Les impacts économiques nationaux ont ensuite été régionalisés dans les douze régions métropolitaines hors Corse. Les indicateurs directs ont été distribués pour l'ensemble des filières selon les hypothèses suivantes :

- ◆ Exploitation et maintenance : distribution selon les capacités installées dans chaque région entre 2019 et 2028 ;
- ◆ Construction et installation : distribution selon les capacités installées régionales et selon l'implantation géographique des principaux acteurs et de leurs capacités industrielles, déterminée à partir d'études de référence ou d'entretiens avec des experts des filières ;
- ◆ Fabrication d'équipements : distribution selon l'implantation géographique des acteurs principaux concernés et de leurs capacités industrielles, selon la répartition régionale moyenne du secteur concerné, élaborée à partir des données régionales de l'emploi de l'INSEE en France en 2016 (publiées en 2019) ;
- ◆ Développement : combinaison de l'implantation géographique des acteurs principaux et de leurs capacités industrielles, de la répartition régionale du secteur à partir des données de l'INSEE et des capacités installées régionales ;
- ◆ La régionalisation des indicateurs indirects repose sur la répartition régionale des 65 secteurs de l'économie considérés dans la modélisation, élaborée à partir des données régionales de l'emploi en France en 2016 de l'INSEE, publiées en 2019.

HYPOTHESES PAR FILIERE

Hydroélectricité

Coûts et part locale

Dans cette étude, la filière a été séparée en deux grandes catégories : les grands ouvrages ou centrales à réservoirs d'un côté, et les ouvrages hydroélectriques au fil de l'eau de l'autre. Ces ouvrages présentent en effet des caractéristiques très différentes en termes de CAPEX et d'OPEX. La temporalité est en revanche relativement similaire, avec 5 années de développement, une année pour les équipements, une année pour la construction de l'ouvrage, et une trentaine d'années d'exploitation.

La biographie sur cette filière est concentrée majoritairement sur deux études, les plus pertinentes au vu de leur périmètre et de leur focus sur la France : l'étude BIPE et l'étude ADEME 2019. Il a été considéré une évolution des coûts du CAPEX de 4,9 % pour la période 2019-2028, et une évolution de l'OPEX de 3 %, principalement liée à l'augmentation du nombre d'équipements et des réglementations. La filière hydroélectrique est une filière particulièrement concentrée en termes d'acteurs, de par l'histoire de cette activité en France. Plusieurs entretiens ont été menés afin de confirmer les chiffres bibliographiques pour chacune des catégories : un entretien avec un représentant majeur de la filière pour la partie centrales à réservoirs, et plusieurs acteurs concernant le secteur des ouvrages d'hydroélectricité au fil de l'eau. Ces entretiens ont permis d'affiner et de conforter les hypothèses utilisées.

Les exportations ont été estimées à partir de l'étude publiée par le BIPE¹ intitulée Evaluation de l'impact économique de la filière hydroélectrique française.

Hydroélectricité - consolidation

Catégorie de coût	Coût (k€/MW)
CAPEX	3150
OPEX (hors taxes)	61

		Coût (%)			Importation (%)
		STEP	Fil de l'eau	Consolidé	Consolidé
CAPEX	Etudes et développement	10%	10%	10%	0%
	Equipements électrotechniques et électrotechniques (mécaniques, composants)	25%	45%	25%	50% ^{1d}
OPEX	Opérations et maintenance	100%	100%	100%	27%

¹ Evaluation de l'impact économique de la filière hydroélectrique française, BIPE, 2012

Les indicateurs directs ont été distribués selon les hypothèses suivantes :

- ♦ **Exploitation et maintenance** : distribution selon les capacités installées dans chaque région en 2019 et en 2028.
- ♦ **Construction et installation** : distribution selon l'implantation géographique des principaux acteurs (notamment Eiffage, Vinci, Spie, Léon Grosse ou encore Artelia, ISL, Tractebel, Hydrostadium...) et de leurs capacités industrielles.
- ♦ **Fabrication d'équipements** : distribution selon l'implantation géographique des principaux acteurs concernés et de leurs capacités industrielles (notamment Schneider Electric, Dynelec, Trivero, Bernard et Bonnefond, Andritz, Actemium, PMGA, MJ2, Savco, Mecamidi, Leroy-Somer, Cofely Endel, Cofely Ineo, KSB Services, Cegelec, HPP, Ortec, Ponticelli Frères, Jeumont Schneider, D2FC, Douce Hydro).
- ♦ **Développement** : distribution selon l'implantation géographique des principaux acteurs concernés dont EDF Centre d'Ingénierie Hydraulique (EDF CIH) et la Compagnie nationale du Rhône (CNR).

La régionalisation des indicateurs indirects repose sur la répartition régionale des 65 secteurs de l'économie considérés dans la modélisation, élaborée à partir des données régionales de l'emploi en France en 2016 de l'INSEE, publiées en 2019.

La répartition régionale des emplois directs et indirects en 2028 est synthétisée dans le tableau ci-dessous :

Régions	Développement	Fabrication d'équipements	Construction et installation	Exploitation et maintenance
CHAÎNE DE VALEUR DIRECTE				
Hauts de France	0%	5%	0%	0%
Normandie	0%	0%	0%	0%
Bretagne	0%	0%	0%	1%
Pays de la Loire	0%	0%	0%	0%
Centre Val de Loire	0%	5%	0%	0%
Ile de France	0%	5%	0%	0%
Grand Est	0%	10%	5%	9%
Bourgogne Franche Comté	0%	0%	0%	2%
Nouvelle Aquitaine	5%	15%	5%	7%
Occitanie	5%	20%	5%	21%
Auvergne Rhône Alpes	90%	35%	75%	46%
Provence Alpes Côte d'Azur	0%	5%	10%	13%
CHAÎNE DE VALEUR INDIRECTE				
Hauts de France	7%	9%	8%	9%
Normandie	4%	5%	5%	5%
Bretagne	4%	4%	5%	5%
Pays de la Loire	6%	7%	7%	7%
Centre Val de Loire	3%	4%	4%	4%
Ile de France	30%	20%	20%	20%
Grand Est	7%	9%	9%	9%
Bourgogne Franche Comté	3%	5%	5%	5%
Nouvelle Aquitaine	8%	8%	9%	8%
Occitanie	8%	7%	8%	8%
Auvergne Rhône Alpes	12%	15%	14%	14%
Provence Alpes Côte d'Azur	7%	6%	7%	7%

Eolien terrestre

Coût et part locale

La filière de l'éolien terrestre est une filière éclatée géographiquement et en termes d'acteurs, qui sont nombreux et présents sur tout le territoire. Cette filière se démarque par sa maturité, et sa croissance continue.

Du fait de cette organisation, les chiffres proposés ici s'appuient majoritairement sur des entretiens avec des professionnels du secteur, complétés par des études : celle de l'ADEME de 2017 sur la filière éolienne française principalement, mais également celle de WoodMackenzie de 2018 sur l'opération et maintenance de l'éolien onshore. Les nombreux entretiens réalisés avec des professionnels de la filière, au nombre de 10, ont permis de prendre en compte la diversité des projets et d'affiner les hypothèses utilisées.

La durée de vie d'un projet éolien terrestre a été découpée selon les phases suivantes : 5 années de développement, 2 années de fabrication d'équipement et de construction, puis 20 années d'exploitation.

Pour les exportations, l'étude considère que le marché captable français représente 2% du marché mondial et que dans ce gisement la part d'activité française est de 40% pour le développement et de 5% pour les équipements. Ces hypothèses s'appuie sur des entretiens avec des professionnels du secteur.

Eolien terrestre

Catégorie de coût	Coût (k€/MW)
CAPEX	1160 ²
OPEX (hors taxes)	46 ³

		Coût (%) ⁴³	Importations (%) ⁴
CAPEX	Développement	11%	7%
	Turbine	70%	75%
	Installation	13%	5%
	Raccordement	6%	5%
OPEX	Opérations et maintenance	100%	5% ⁵

² Entretiens avec les acteurs de la filière

³ Wood Mackenzie, *Global Onshore Wind Operations and Maintenance (O&M)*, Trends 2019

⁴ ADEME, *Etude de la compétitivité et des retombées socio-économiques de la filière solaire française*, 2017

⁵ EY

Régionalisation

Les indicateurs directs ont été distribués selon les hypothèses suivantes :

- ♦ **Exploitation et maintenance** : distribution selon les capacités installées dans chaque région en 2019 et en 2028.
- ♦ **Construction et installation** : distribution selon l'implantation géographique des principaux acteurs du segment et leurs capacités industrielles sur le territoire, suivant les données extraites de l'étude publiée en octobre 2019 par France Energie Eolienne et Capgemini, intitulée *Analyse du marché des emplois et des enjeux de l'éolien en France*, pour le segment concerné. Ces données ont été consolidées avec celles du rapport de référence de l'ADEME, publié en 2017 et intitulé *Etude sur la filière éolienne française (Bilan, Prospective, Stratégie)*.
- ♦ **Fabrications d'équipements** : approche similaire au segment de construction et d'installation
- ♦ **Développement** : approche similaire au segment de construction et d'installation

La régionalisation des indicateurs indirects repose sur la répartition régionale des 65 secteurs de l'économie considérés dans la modélisation, élaborée à partir des données régionales de l'emploi en France en 2016 de l'INSEE, publiées en 2019.

La répartition régionale des emplois directs et indirects en 2028 est synthétisée dans le tableau ci-dessous :

Régions	Développement	Fabrication d'équipements	Construction et installation	Exploitation et maintenance
CHAINE DE VALEUR DIRECTE				
Hauts de France	7%	9%	12%	19%
Normandie	3%	7%	4%	5%
Bretagne	5%	3%	6%	6%
Pays de la Loire	7%	18%	5%	7%
Centre Val de Loire	3%	1%	3%	8%
Ile de France	35%	14%	24%	1%
Grand Est	6%	13%	10%	19%
Bourgogne Franche Comté	3%	12%	3%	7%
Nouvelle Aquitaine	7%	3%	9%	10%
Occitanie	12%	5%	9%	9%
Auvergne Rhône Alpes	7%	13%	10%	7%
Provence Alpes Côte d'Azur	5%	3%	5%	2%
CHAINE DE VALEUR INDIRECTE				
Hauts de France	7%	9%	8%	8%
Normandie	4%	5%	5%	5%
Bretagne	4%	4%	5%	5%
Pays de la Loire	6%	7%	7%	6%
Centre Val de Loire	3%	4%	4%	4%
Ile de France	30%	20%	20%	22%
Grand Est	7%	9%	9%	9%
Bourgogne Franche Comté	3%	5%	5%	5%
Nouvelle Aquitaine	8%	8%	9%	8%
Occitanie	8%	7%	8%	7%
Auvergne Rhône Alpes	12%	15%	14%	14%
Provence Alpes Côte d'Azur	7%	6%	7%	7%

Eolien en mer posé

Coûts et part locale

La filière des éoliennes en mer posées connaît de rapides évolutions technologiques et a été caractérisée, ces dernières années, par d'importantes baisses de coûts en Europe et en France.

Afin de prendre en compte ce contexte particulier, des coûts moyens ont été appliqués sur toute la période, calculés entre les coûts des premiers appels d'offres français et ceux du dernier appel d'offre de Dunkerque. Ceux-ci ont été complétés par les chiffres de l'étude WoodMackenzie de 2018 sur les dynamiques de l'industrie dans le secteur. Les chiffres finaux ont été retravaillés à l'aide de 8 professionnels de la filière, avec qui des entretiens ont été menés, et qui ont permis de comprendre les évolutions attendues dans cette filière de manière complète.

Pour les projets d'éolien en mer posé considérés dans l'étude, ont été mobilisées les phases suivantes : 5 années de développement, 3 années de construction et de fabrication d'équipement, puis 25 années en exploitation et maintenance.

L'étude considère que 7 années séparent l'attribution d'un projet prévue dans la PPE et sa mise en service.

Les exportations ont été estimées à partir de la combinaison entre les résultats de la modélisation de cette étude et des résultats de l'étude publiée par l'Observatoire des énergies de la mer en juin 2019 intitulée *Les énergies de la mer, des emplois essentiels à la transition énergétique française*. Sur la décennie à venir, il est considéré que ces exportations diminuent quand l'activité augmente et inversement. Elles représentent 37% des ETP en 2025 et 0% en 2028 pour l'éolien en mer posé et flottant combiné.

Eolien en mer posé

Catégorie de coût	Coût (k€/MW) ⁶
CAPEX	2935
OPEX (hors taxes)	68

		Coût (%) ^{6,7}	Importations (%) ⁷
CAPEX	Développement	7%	35%
	Turbine	41%	68% ⁸
	Fondation	6%	70%
	Installation	9%	70% ⁹
	Raccordements et autres	37%	5% ¹⁰
OPEX	Opérations et maintenance	100%	5% ¹⁰

⁶CAPEX moyenné sur la période, 9

⁷ Wood Mackenzie, 2018 *Global Offshore Wind Industry Dynamics: supply chain, technology, and cost developments across the offshore wind industry*, 2018

⁸ Entretiens avec les acteurs de la filière

⁹ Entretiens avec les acteurs de la filière

¹⁰ EY

Régionalisation

Pour l'année 2019 les indicateurs ont été distribués selon l'étude publiée par l'Observatoire des énergies de la mer en juin 2019 intitulée *Les énergies de la mer, des emplois essentiels à la transition énergétique française*.

Pour 2028, les indicateurs directs ont suivi la distribution suivante :

- ♦ **Exploitation et maintenance** : Distribution des projets attribués entre 2012 et 2019 par les appels d'offres dans chaque région (Fécamp, Courseulles-sur-Mer, Saint-Brieuc, Saint-Nazaire, Le Tréport, Dunkerque).
- ♦ **Construction et installation** : Distribution des projets attribués entre 2012 et 2021 (ajout des futurs projets situés au large d'Oléron et en Normandie).
- ♦ **Fabrications d'équipements** : Distribution à partir de l'étude publiée par l'Observatoire des énergies de la mer en juin 2019.
- ♦ **Développement** : Distribution à partir de l'étude publiée par l'Observatoire des énergies de la mer en juin 2019.

La modélisation des indicateurs à l'échelle nationale à horizon 2033 repose sur les objectifs de la PPE qui dépassent l'horizon de temps des projets décrits ci-dessus.

La régionalisation des indicateurs indirects repose sur une approche hybride en raison du caractère peu mature de la filière. Elle combine les données relatives à l'implantation géographique des parcs et des capacités industrielles concernés et la répartition régionale des 65 secteurs de l'économie considérés dans la modélisation, élaborée à partir des données régionales de l'emploi en France en 2016 de l'INSEE, publiées en 2019.

La répartition régionale des emplois directs et indirects en 2028 est synthétisée dans le tableau ci-dessous :

Régions	Développement	Fabrication d'équipements	Construction et installation	Exploitation et maintenance
CHAÎNE DE VALEUR DIRECTE				
Hauts de France	11%	2%	14%	22%
Normandie	34%	70%	47%	39%
Bretagne	11%	8%	10%	13%
Pays de la Loire	23%	20%	19%	26%
Centre Val de Loire	0%	0%	0%	0%
Ile de France	20%	0%	0%	0%
Grand Est	0%	0%	0%	0%
Bourgogne Franche Comté	0%	0%	0%	0%
Nouvelle Aquitaine	0%	0%	10%	0%
Occitanie	0%	0%	0%	0%
Auvergne Rhône Alpes	0%	0%	0%	0%
Provence Alpes Côte d'Azur	0%	0%	0%	0%
CHAÎNE DE VALEUR INDIRECTE				
Hauts de France	9%	5%	11%	11%
Normandie	19%	38%	24%	24%
Bretagne	8%	6%	9%	9%
Pays de la Loire	14%	13%	17%	17%
Centre Val de Loire	2%	2%	2%	2%
Ile de France	25%	10%	11%	11%
Grand Est	3%	5%	4%	4%
Bourgogne Franche Comté	2%	2%	2%	2%
Nouvelle Aquitaine	4%	4%	4%	4%
Occitanie	4%	4%	4%	4%
Auvergne Rhône Alpes	6%	7%	7%	7%
Provence Alpes Côte d'Azur	4%	3%	4%	3%

Eolien en mer flottant

Coût et part locale

La filière de l'éolien en mer flottant est une des filières les moins matures prises en compte dans cette étude. Un nombre limité d'acteurs se partage le marché de l'éolien flottant en France. Les choix technologiques et les stades de maturation de ces acteurs diffèrent. Les CAPEX sont donc principalement tirés d'études bibliographiques : l'étude 2017 de WoodMackenzie sur l'éolien flottant et l'étude 2016 de l'ADEME sur le coût des énergies renouvelables en France. En revanche, les OPEX ont été estimés à partir des chiffres de la filière des éoliennes offshore posées. Les professionnels de la filière ont été mobilisés afin de confirmer ces hypothèses de coûts, mais surtout pour se prononcer sur leur évolution probable.

Les projets d'éolien en mer flottant ont, dans cette étude, une durée de vie, découpée en trois phases : 5 années de développement, 3 années de construction et de fabrication des équipements, et 25 années d'exploitation.

L'étude considère que 7 années séparent l'attribution d'un projet prévue dans la PPE et sa mise en service.

Eolien en mer flottant

Catégorie de coût	Coût (k€/MW)
CAPEX	3354 ¹¹
OPEX (hors taxes)	68 ¹²

		Coût (%) ^{11,12}	Importations (%) ¹³
CAPEX	Développement	3%	5% ¹⁴
	Turbine	37%	68%
	Flotteur	33%	30% ¹⁵
	Installation	3%	20% ¹⁶
	Raccordement	24%	5%
OPEX	Opérations et maintenance	100%	5% ¹⁴

¹¹ Wood Mackenzie, *Floating Offshore Wind: In Pursuit of Commercialization*, 2018

¹² CRE, *Dialogue concurrentiel n°1/2016 portant sur des installations éoliennes de production d'électricité en mer dans une zone au large de Dunkerque*, 2019

¹³ Entretiens avec les acteurs de la filière

¹⁴ EY

¹⁵ Entretiens avec le SER

¹⁶ Entretiens avec les acteurs de la filière

Régionalisation

Les indicateurs directs ont été distribués selon les hypothèses suivantes :

- ♦ **Exploitation et maintenance / Construction et installation**: distribution selon les projets pilotes attribués en 2019 par les appels d'offres dans chaque région (Groix&Belle-Ile, "Les éoliennes flottantes du golfe du Lion" à Leucate, Gruissan, "Provence Grand Large" à Faraman).
- ♦ **Construction et installation** : distribution selon les projets pilotes attribués en 2019 par les appels d'offres dans chaque région. (Groix&Belle-Ile, "Les éoliennes flottantes du golfe du Lion" à Leucate, Gruissan, "Provence Grand Large" à Faraman).
- ♦ **Développement / Fabrications d'équipements** : Distribution à partir de l'étude publiée par l'Observatoire des énergies de la mer en juin 2019.

La modélisation des indicateurs à l'échelle nationale à horizon 2033 repose sur les objectifs de la PPE qui dépassent l'horizon de temps des projets décrits ci-dessus.

Les données relatives à l'implantation géographique des parcs pilotes et des acteurs concernés, ont été validées par des études de référence notamment celle publiée par l'Observatoire des énergies de la mer en juin 2019 intitulée *Les énergies de la mer, des emplois essentiels à la transition énergétique française*, ainsi que plusieurs entretiens avec des experts de la filière.

La régionalisation des indicateurs indirects repose sur une approche hybride en raison du caractère peu mature de la filière. Elle combine les données relatives à l'implantation géographique des parcs pilotes et des capacités industrielles concernés et la répartition régionale des 65 secteurs de l'économie considérés dans la modélisation, élaborée à partir des données régionales de l'emploi en France en 2016 de l'INSEE, publiées en 2019.

La répartition régionale des emplois directs et indirects en 2028 est synthétisée dans le tableau ci-dessous :

Régions	Développement	Fabrication d'équipements	Construction et installation	Exploitation et maintenance
CHAÎNE DE VALEUR DIRECTE				
Hauts de France	0%	0%	0%	0%
Normandie	0%	25%	0%	0%
Bretagne	25%	15%	30%	30%
Pays de la Loire	20%	20%	20%	20%
Centre Val de Loire	0%	0%	0%	0%
Ile de France	10%	0%	0%	0%
Grand Est	0%	0%	0%	0%
Bourgogne Franche Comté	0%	0%	0%	0%
Nouvelle Aquitaine	0%	0%	0%	0%
Occitanie	20%	15%	20%	20%
Auvergne Rhône Alpes	0%	0%	0%	0%
Provence Alpes Côte d'Azur	25%	25%	30%	30%
CHAÎNE DE VALEUR INDIRECTE				
Hauts de France	4%	4%	4%	4%
Normandie	2%	15%	3%	3%
Bretagne	15%	10%	17%	17%
Pays de la Loire	13%	13%	13%	13%
Centre Val de Loire	2%	2%	2%	2%
Ile de France	20%	10%	10%	11%
Grand Est	3%	4%	4%	4%
Bourgogne Franche Comté	2%	2%	2%	2%
Nouvelle Aquitaine	4%	4%	4%	4%
Occitanie	14%	11%	14%	14%
Auvergne Rhône Alpes	6%	7%	7%	7%
Provence Alpes Côte d'Azur	16%	16%	18%	18%

Solaire photovoltaïque

Coût et part locale

La filière solaire photovoltaïque est aujourd'hui en pleine croissance et gagne chaque année en compétitivité. Bien connue du grand public et accessible à plusieurs échelles, y compris au particulier, cette technologie diversifiée a été découpée en deux catégories : le solaire photovoltaïque des bâtiments a été différencié de celui posé au sol.

Le rapport de 2019 de la CRE sur les coûts du photovoltaïque en France a été largement utilisé pour fixer les hypothèses de coûts de départ. Les 10 entretiens menés avec des professionnels de la filière ont permis de confirmer ces hypothèses, mais aussi de se pencher sur l'évolution probable de ces coûts à horizon 2028.

Pour l'ensemble de la filière solaire photovoltaïque (bâtiment et sol), il a été considéré une évolution du CAPEX de -3,5% par an sur la période 2019-2028, et une évolution de l'OPEX de -2% par an. Ces chiffres, confirmés lors des entretiens menés, proviennent plus particulièrement de l'étude ADEME 2017.

Les deux catégories de photovoltaïque cumulent entre 2 et 4 années de développement, 2 années de construction et de fabrication d'équipement, ainsi que 20 années d'exploitation.

Pour les exportations, l'étude considère que le marché captable français représente 2.5% du marché mondial et que dans ce gisement la part d'activité française est de 40% pour le développement, 15% pour les modules et 5% pour l'installation et le raccordement. Ces hypothèses s'appuient sur des entretiens avec des professionnels du secteur

PV- consolidation

Catégorie de coût	Coût (k€/MW) ¹⁷	
	Bâtiment	Sol
CAPEX	1440	870
OPEX (hors taxes)	20	16

		Coût (%) ¹⁸		Importation (%) ¹⁹
		Bâtiment	Sol	Consolidé
CAPEX	Développement	7%	7%	5%
	Moduleurs	26%	35%	71%
	Onduleurs	5%	7%	100% ²⁰
	Structures	22%	18%	52%
	Installation	23%	19%	5%
	Raccordement	14%	9%	5%
	Autres	3%	5%	5%
OPEX	Opérations et maintenance	100%	100%	6% ²¹

¹⁷ CRE, Coûts et rentabilité du grand photovoltaïque en métropole continentale, 2019 + autres hypothèses : EY [pour le CAPEX petites installations de 2€/W] et Projet pour consultation de PPE [pondération du CAPEX par les objectifs annuels d'installation de la PPE : 0,9GW/an pour les installations sur grandes toitures et de 3,05GW/an pour les installations sur petites et moyennes toitures]

¹⁸ CRE, Coûts et rentabilité du grand photovoltaïque en métropole continentale, 2019 + retraitement après entretiens avec les acteurs de la filière

¹⁹ ADEME, Fiche méthodologique "solaire photovoltaïque", 2019

²⁰ Entretiens avec les acteurs de la filière

²¹ EY

Régionalisation

Les indicateurs directs ont été distribués selon les hypothèses suivantes :

- ♦ **Exploitation et maintenance** : distribution selon les capacités installées dans chaque région en 2019 et en 2028.
- ♦ **Construction et installation** : distribution selon les capacités installées dans chaque région en 2019 et en 2028.
- ♦ **Fabrications d'équipements** : distribution selon l'implantation géographique des principaux acteurs concernés et de leurs capacités industrielles (notamment Arkema, Systovi, Voltec Solar, Reden Solar, Exosun/Arcelel Mittal, VMH Solar, Sun-Power, Photowatt, ECM Greentech, Solean, Helios Lite, SMA Solar Technology), ainsi que la répartition régionale moyenne du secteur concerné, élaborée à partir des données régionales de l'emploi de l'INSEE en France en 2016 (publiées en 2019).
- ♦ **Développement** : combinaison des capacités installées dans chaque région en 2019 et en 2028, de la répartition régionale moyenne du secteur concerné, élaborée à partir des données régionales de l'emploi de l'INSEE en France en 2016 (publiées en 2019) ainsi que de l'implantation géographique des principaux acteurs et de leurs capacités industrielles sur le territoire.

La régionalisation des indicateurs indirects repose sur la répartition régionale des 65 secteurs de l'économie considérés dans la modélisation, élaborée à partir des données régionales de l'emploi en France en 2016 de l'INSEE, publiées en 2019.

La répartition régionale des emplois directs et indirects en 2028 est synthétisée dans le tableau ci-dessous :

Régions	Développement	Fabrication d'équipements	Construction et installation	Exploitation et maintenance
CHAÎNE DE VALEUR DIRECTE				
Hauts de France	3%	5%	3%	3%
Normandie	2%	3%	3%	3%
Bretagne	2%	2%	3%	3%
Pays de la Loire	3%	9%	5%	5%
Centre Val de Loire	2%	3%	3%	3%
Ile de France	20%	5%	3%	3%
Grand Est	3%	11%	5%	5%
Bourgogne Franche Comté	3%	4%	5%	5%
Nouvelle Aquitaine	15%	17%	18%	18%
Occitanie	23%	6%	20%	20%
Auvergne Rhône Alpes	12%	32%	15%	15%
Provence Alpes Côte d'Azur	11%	1%	16%	16%
CHAÎNE DE VALEUR INDIRECTE				
Hauts de France	7%	9%	8%	8%
Normandie	4%	5%	5%	5%
Bretagne	4%	4%	5%	5%
Pays de la Loire	6%	7%	6%	6%
Centre Val de Loire	3%	4%	4%	4%
Ile de France	30%	20%	21%	24%
Grand Est	7%	9%	8%	8%
Bourgogne Franche Comté	3%	5%	5%	4%
Nouvelle Aquitaine	8%	8%	9%	8%
Occitanie	8%	7%	8%	7%
Auvergne Rhône Alpes	12%	15%	14%	13%
Provence Alpes Côte d'Azur	7%	6%	7%	7%

Solaire thermique

Coûts et part locale

Pour la filière du solaire thermique, nos hypothèses s'appuient principalement sur le travail de l'ADEME réalisé en 2018 en préparation de son étude sur les marchés et emplois dans les renouvelables.

Ont été considérées, pour un projet de solaire thermique, une année de fabrication d'équipement, une année de construction, puis 17 années d'exploitation.

Il a été considéré une évolution du CAPEX et de l'OPEX de -1,5% par an. Ce chiffre est issu du projet de PPE pour consultation.

Solaire thermique

Catégorie de coût	Coût (k€/MW)
CAPEX	2130
OPEX (hors taxes)	37

		Coût (%)	Importations (%)
CAPEX	Fabrication équipement	37%	75%
	Distribution	3%	0%
	Pose	60%	0%
OPEX	Exploitation et maintenance	100%	0

Les indicateurs directs ont été distribués selon les hypothèses suivantes :

- ♦ **Exploitation et maintenance** : distribution selon les capacités installées dans chaque région en 2019 et en 2028.
- ♦ **Construction et installation** : distribution selon les capacités installées dans chaque région en 2019 et en 2028.
- ♦ **Fabrications d'équipements** : distribution selon les capacités installées dans chaque région en 2019 et en 2028.

La régionalisation des indicateurs indirects repose sur la répartition régionale des 65 secteurs de l'économie considérés dans la modélisation, élaborée à partir des données régionales de l'emploi en France en 2016 de l'INSEE, publiées en 2019.

La répartition régionale des emplois directs et indirects en 2028 est synthétisée dans le tableau ci-dessous :

Régions	Fabrication d'équipements	Construction et installation	Exploitation et maintenance
CHAINE DE VALEUR DIRECTE			
Hauts de France	3%	3%	3%
Normandie	3%	3%	3%
Bretagne	3%	3%	3%
Pays de la Loire	5%	5%	5%
Centre Val de Loire	2%	2%	2%
Ile de France	3%	3%	3%
Grand Est	10%	10%	10%
Bourgogne Franche Comté	5%	5%	5%
Nouvelle Aquitaine	12%	12%	12%
Occitanie	20%	20%	20%
Auvergne Rhône Alpes	20%	20%	20%
Provence Alpes Côte d'Azur	15%	15%	15%
CHAINE DE VALEUR INDIRECTE			
Hauts de France	9%	8%	8%
Normandie	5%	5%	5%
Bretagne	4%	5%	5%
Pays de la Loire	6%	7%	6%
Centre Val de Loire	4%	4%	4%
Ile de France	20%	20%	26%
Grand Est	9%	9%	8%
Bourgogne Franche Comté	5%	5%	4%
Nouvelle Aquitaine	8%	9%	8%
Occitanie	7%	8%	8%
Auvergne Rhône Alpes	14%	14%	12%
Provence Alpes Côte d'Azur	7%	7%	8%

Méthanisation

Coût part locale

Le processus de méthanisation a été divisé en deux étapes pour l'étude : la production de biogaz et sa valorisation (cogénération ou injection). Le biogaz produit à partir des méthaniseurs, qu'ils soient d'origine agricole, collectif ou industriel, a été considéré pour cette étude. Le biogaz issu des boues de stations d'épuration et des Installations de Stockage de Déchets Non Dangereux (ISDND) a été exclu car les objectifs de développement sont limités. La valorisation des digestats a été incluse pour la génération d'une valeur supplémentaire au secteur agricole (valorisation sous forme d'engrais). Le biogaz produit est ensuite valorisé sous deux formes : en électricité et chaleur par le biais d'unités de cogénération et en injection dans les réseaux de gaz après un processus d'épuration. La pyrogazéification et le power-to-gas ont été exclus car considérés comme des technologies n'ayant pas un stade de déploiement industriel encore suffisant et pour lesquelles il est donc difficile d'appréhender le développement pour la période de l'étude.

Le coût total de la production de biométhane injecté est issu de l'étude de 2019 de la CRE²². Le coût total de production de biogaz transformé par cogénération est issu du coût moyen de production de chaleur et d'électricité donné par l'étude 2016 de l'ADEME²³ et du rendement moyen global d'une cogénération²⁴. A partir des hypothèses fournies dans l'étude de faisabilité technico-économique de l'ADEME parue en 2018²⁵, une répartition des coûts par CAPEX et OPEX a pu être réalisée pour le biométhane injecté. La structure de coût du biogaz utilisé en cogénération est similaire à celle du biométhane injecté. Une baisse du coût total de production du biométhane injecté et de la cogénération entre 2019 et 2028 a été considérée sur la base des entretiens menés avec le SER et les experts de la filière : -2% de 2019 à 2023 et -5% de 2023 à 2028. Les projets de méthanisation s'articulent autour des phases de production des intrants (1 an), d'étude et développement (1 an), de construction (1 an), d'équipement (1 an) pour une durée d'exploitation de 20 années en moyenne.

La répartition des coûts de production est synthétisée dans le tableau ci-dessous :

Méthanisation - consolidation

Catégorie de coût	Coût (€/ MWh biogaz PCS produits)	
	Biométhane injecté ^{26 27 28}	Cogénération ^{23 24 29 30}
CAPEX	40	28
OPEX (hors taxes)	55	38

		Coût (%)	Importation (%) ^{23, 31}
		Consolidé	Consolidé
CAPEX	Equipement	40%	20% pour les épurateurs, 50% pour le reste
	Génie civil	35%	5%
	Etudes et développement	25%	5%
OPEX	Intrants	44%	5%
	Exploitation et maintenance	56%	5%

²² CRE, Le verdissement du gaz, 2019

²³ ADEME, Les coûts des énergies renouvelables en France, 2016

²⁴ ATEE, Statistiques filière biogaz, 2018

²⁵ ADEME, Un mix de gaz 100% renouvelable en 2050 ? Etude de faisabilité technico-économique, 2018

²⁶ CRE, Le verdissement du gaz, 2019

²⁷ ADEME, Un mix de gaz 100% renouvelable en 2050 ? Etude de faisabilité technico-économique, 2018

²⁸ ADEME, Expertise de la rentabilité des projets de méthanisation rurale, 2010

²⁹ ADEME, Coûts des énergies renouvelables en France, 2016

³⁰ ATEE, Outils de Management De l'Energie (MDE), calculatrice de conversion des énergies (<http://atee.fr/management-de-lenergie-outils-du-responsable-energie/calculatrice-de-conversion-des-unites>)

³¹ ADEME, Marchés & emplois concourant à la transition énergétique et écologique dans le secteur des énergies renouvelables et de récupération : situation 2014-2016 et perspectives à court terme, 2019

Régionalisation

Les indicateurs directs ont été distribués selon les hypothèses suivantes :

- ♦ **Exploitation et maintenance** : distribution selon les capacités installées dans chaque région en 2019 et en 2028.
- ♦ **Construction et installation** : distribution selon les capacités installées dans chaque région en 2019 et en 2028.
- ♦ **Fabrications d'équipements** : distribution selon l'implantation géographique des principaux acteurs concernés et de leurs capacités industrielles (notamment Valorga International), ainsi que la répartition régionale moyenne du secteur concerné, élaborée à partir des données régionales de l'emploi de l'INSEE en France en 2016 (publiées en 2019).
- ♦ **Développement** : distribution selon les capacités installées dans chaque région en 2019 et en 2028.
- ♦ **Activités agricoles** (ici production d'intrants) : distribution selon les capacités installées dans chaque région en 2019 et en 2028.

La régionalisation des indicateurs indirects repose sur la répartition régionale des 65 secteurs de l'économie considérés dans la modélisation, élaborée à partir des données régionales de l'emploi en France en 2016 de l'INSEE, publiées en 2019.

La répartition régionale des emplois directs et indirects en 2028 est synthétisée dans le tableau ci-dessous :

Régions	Développement	Fabrication d'équipements	Construction et installation	Exploitation et maintenance	Activités agricoles
CHAÎNE DE VALEUR DIRECTE					
Hauts de France	11%	4%	11%	11%	11%
Normandie	8%	3%	8%	8%	8%
Bretagne	10%	2%	10%	10%	10%
Pays de la Loire	8%	5%	8%	8%	8%
Centre Val de Loire	8%	3%	8%	8%	8%
Ile de France	6%	4%	6%	6%	6%
Grand Est	6%	7%	6%	6%	6%
Bourgogne Franche Comté	10%	4%	10%	10%	10%
Nouvelle Aquitaine	14%	3%	14%	14%	14%
Occitanie	8%	52%	8%	8%	8%
Auvergne Rhône Alpes	8%	10%	8%	8%	8%
Provence Alpes Côte d'Azur	4%	1%	4%	4%	4%
CHAÎNE DE VALEUR INDIRECTE					
Hauts de France	7%	9%	8%	9%	8%
Normandie	4%	5%	5%	5%	6%
Bretagne	4%	4%	5%	5%	7%
Pays de la Loire	6%	7%	7%	7%	7%
Centre Val de Loire	3%	4%	4%	4%	4%
Ile de France	30%	20%	20%	18%	15%
Grand Est	7%	9%	9%	9%	9%
Bourgogne Franche Comté	3%	5%	5%	5%	5%
Nouvelle Aquitaine	8%	8%	9%	9%	12%
Occitanie	8%	7%	8%	7%	9%
Auvergne Rhône Alpes	12%	15%	14%	15%	12%
Provence Alpes Côte d'Azur	7%	6%	7%	6%	6%

Bois domestique

Coût et part locale

Deux formes de combustibles bois sont employées par les ménages : le bois bûche (91 %) et les granulés de bois (9 %) ³². A l'heure actuelle, les ménages s'approvisionnent en bois bûche en majorité par un circuit informel (82 %) ³³ : coupe du bois directe en forêt, achat auprès de propriétaires de domaine forestier, etc. Ce type de bûche sera dénommé dans la suite par le terme « bûches grises ». Les coûts totaux de production pour les bûches de bois issues du circuit classique de commercialisation (« bûches commercialisées ») et pour les granulés reposent sur les chiffres présentés dans la PPE ³⁴. La répartition des coûts totaux en OPEX et CAPEX a été réalisée suivant les informations transmises par l'étude de l'ADEME en 2016 sur le coût des énergies renouvelables ³⁵. Cette dernière étude a permis également le découpage des CAPEX suivant différentes sous-catégories auxquelles correspondent un secteur. Les OPEX ont quant à eux été découpés en sous-catégories suivant le type de combustible considéré sur la base des hypothèses collectées en entretien avec les experts de la filière bois. Aussi, les hypothèses suivantes ont été considérées :

- ♦ **Production du bois brut** : les granulés de bois étant constitués principalement de résidus de bois, seules les bûches (commercialisées et grises) engendrent des coûts d'abattage et de débardage.
- ♦ **Transport et transformation en combustible** : seules les bûches commercialisées suivent un processus d'écorçage, sciage et séchage sur plateforme, tandis que les résidus de bois sont compactés pour former des granulés.
- ♦ **Transport et distribution du combustible** : seules les bûches commercialisées et les granulés sont distribués aux ménages via un circuit classique de commercialisation.
- ♦ **Fabrication, distribution et installation des équipements** : l'impact économique associé à ces activités a été quantifié à partir des estimations d'emplois de l'étude ADEME 2019 ³⁶. Cette approche a été choisie car la modélisation centrale du projet se base sur l'évolution des objectifs de la PPE. Les objectifs de la PPE pour le bois domestique étant constants, la modélisation n'aurait pas capturé les activités liées aux équipements.
- ♦ **Exploitation et maintenance** : 100 % des équipements sont entretenus par des professionnels du secteur.

Les projets de bois pour le chauffage domestique s'articulent autour des phases de production des combustibles (1 an) et d'équipement (1 an) pour une durée d'exploitation de 20 années en moyenne. Ces coûts ont été supposés constants sur la décennie à venir. La répartition des coûts de production des différents combustibles est synthétisée dans le tableau ci-dessous :

Bois énergie domestique

Catégorie de coût	Coût (k€/GWh)		
	Bûches commercialisées ³³	Bûches grises	Granulés ³³
CAPEX	25	25	20
OPEX (hors taxes)	61	14	76

		Coût (%) ^{32,33,35,36}	Importation (%) ^{33,36}
		Consolidé	Consolidé
CAPEX	Equipement	53%	54%
	Distribution des équipements	29%	5%
	Installation des équipements	17%	5%
OPEX	Production bois brut	60%	5%
	Transport et transformation en combustible	20%	5%
	Transport et distribution du combustible	17%	5%
	Exploitation et maintenance	3%	5%

³² ADEME, Etude sur le chauffage domestique au bois, 2018

³³ Entretien mené avec le SER et avec les experts de la filière

³⁴ PPE - projet pour consultation

³⁵ ADEME, Coûts des énergies renouvelables en France, 2016

³⁶ ADEME, Marchés & emplois concourant à la transition énergétique et écologique dans le secteur des énergies renouvelables et de récupération, 2019

Régionalisation

Les indicateurs directs ont été distribués selon les hypothèses suivantes :

- ◆ **Exploitation forestière** : distribution selon les capacités installées dans chaque région en 2019 et en 2028.
- ◆ **Fabrication des équipements** : distribution selon l'implantation géographique des principaux acteurs concernés et de leurs capacités industrielle ainsi que la répartition régionale moyenne du secteur concerné, élaborée à partir des données régionales de l'emploi de l'INSEE en France en 2016 (publiées en 2019).
- ◆ **Installation des équipements** : distribution selon les capacités installées dans chaque région en 2019 et en 2028.
- ◆ **Exploitation et maintenance** : distribution selon les capacités installées dans chaque région en 2019 et en 2028.

La régionalisation des indicateurs indirects repose sur la répartition régionale des 65 secteurs de l'économie considérés dans la modélisation, élaborée à partir des données régionales de l'emploi en France en 2016 de l'INSEE, publiées en 2019.

La répartition régionale des emplois directs et indirects en 2028 est synthétisée dans le tableau ci-dessous :

Régions	Exploitation et maintenance	Exploitation forestière	Fabrication des équipements	Installation des équipements
CHAÎNE DE VALEUR DIRECTE				
Hauts de France	7%	7%	10%	10%
Normandie	6%	6%	3%	3%
Bretagne	5%	5%	2%	2%
Pays de la Loire	4%	4%	5%	5%
Centre Val de Loire	5%	5%	3%	3%
Ile de France	5%	5%	4%	4%
Grand Est	12%	12%	18%	18%
Bourgogne Franche Comté	7%	7%	4%	4%
Nouvelle Aquitaine	21%	21%	31%	31%
Occitanie	10%	10%	2%	2%
Auvergne Rhône Alpes	13%	13%	16%	16%
Provence Alpes Côte d'Azur	6%	6%	1%	1%
CHAÎNE DE VALEUR INDIRECTE				
Hauts de France	9%	8%	9%	9%
Normandie	5%	5%	5%	5%
Bretagne	5%	6%	5%	5%
Pays de la Loire	6%	7%	9%	9%
Centre Val de Loire	4%	4%	5%	5%
Ile de France	20%	17%	14%	14%
Grand Est	9%	8%	12%	12%
Bourgogne Franche Comté	5%	5%	6%	6%
Nouvelle Aquitaine	8%	12%	7%	7%
Occitanie	7%	10%	6%	6%
Auvergne Rhône Alpes	15%	12%	17%	17%
Provence Alpes Côte d'Azur	6%	6%	1%	1%

Bois collectif/tertiaire et industriel

Coût et part locale

Les chaufferies collectives, tertiaires et industrielles utilisent à 56% de la plaquette de bois forestière et à 44% du bois en fin de vie et des connexes de bois issus de l'industrie du bois³⁷. A l'heure actuelle, 27 % de la chaleur produite à partir de bois énergie provient du secteur du collectif/tertiaire et 73 % de l'industrie, cette répartition a été considérée comme constante sur le périmètre temporel de l'étude.

Les coûts totaux de production de la chaleur dans le collectif/tertiaire et l'industrie reposent sur les chiffres présentés dans la PPE³⁸. La répartition des coûts totaux en CAPEX a été réalisée suivant les informations transmises par deux études de l'ADEME de 2016 et 2019³⁹. Les OPEX ont quant à eux été découpés en sous-catégories suivant le type de combustible considéré sur la base des hypothèses collectées en entretien avec les experts de la filière bois. Aussi, seul le bois utilisé pour la production des plaquettes suit un processus d'abattage, de débardage et de déchiquetage. Ces coûts ont été supposés constants sur la décennie à venir.

Les projets de bois pour le chauffage tertiaire/collectif et industriel s'articulent autour des phases de production des combustibles (1 an), d'étude et développement (1 an), de construction (1 an) et d'équipement (1 an) pour une durée d'exploitation de 20 années en moyenne.

La répartition des coûts de production est synthétisée dans le tableau ci-dessous :

Bois énergie collectif/tertiaire et industriel

Catégorie de coût	Coût (k€/GWh)	
	Industriel	Collectif/tertiaire
CAPEX	21	31
OPEX (hors taxes)	40	56

		Coût (%) ^{38,39,40}	Importation (%) ³⁸
		Consolidé	Consolidé
CAPEX	Equipement chaudière	25%	29%
	Equipement autres	50%	10%
	Génie civil	19%	5%
	Etude et développement	6%	5%
OPEX	Production du combustible*	85%	5%
	Exploitation et maintenance	15%	5%

³⁷ ADEME, *Marchés & emplois concourant à la transition énergétique et écologique dans le secteur des énergies renouvelables et de récupération*, 2019

³⁸ PPE - projet pour consultation

³⁹ ADEME, *Coûts des énergies renouvelables en France*, 2016 ; *Marchés & emplois concourant à la transition énergétique et écologique dans le secteur des énergies renouvelables et de récupération*, 2019

Régionalisation

Les indicateurs directs ont été distribués selon les hypothèses suivantes :

- ♦ **Exploitation et maintenance** : distribution selon les capacités installées dans chaque région en 2019 et en 2028.
- ♦ **Construction et installation** : distribution selon les capacités installées dans chaque région en 2019 et en 2028.
- ♦ **Fabrications d'équipements** : distribution selon l'implantation géographique des principaux acteurs concernés et de leurs capacités industrielles (notamment Leroux et Lotz Technologies, Compte-R et Weiss France), ainsi que la répartition régionale moyenne du secteur concerné, élaborée à partir des données régionales de l'emploi de l'INSEE en France en 2016 (publiées en 2019).
- ♦ **Développement** : distribution selon les capacités installées dans chaque région en 2019 et en 2028.
- ♦ **Exploitation forestière** : distribution selon les capacités installées dans chaque région en 2019 et en 2028.

La régionalisation des indicateurs indirects repose sur la répartition régionale des 65 secteurs de l'économie considérés dans la modélisation, élaborée à partir des données régionales de l'emploi en France en 2016 de l'INSEE, publiées en 2019.

La répartition régionale des emplois directs et indirects en 2028 est synthétisée dans le tableau ci-dessous :

Régions	Développement	Fabrication d'équipements	Construction et installation	Exploitation et maintenance	Exploitation forestière
CHAÎNE DE VALEUR DIRECTE					
Hauts de France	6%	6%	6%	6%	6%
Normandie	6%	4%	6%	6%	6%
Bretagne	4%	3%	4%	4%	4%
Pays de la Loire	4%	18%	4%	4%	4%
Centre Val de Loire	5%	4%	5%	5%	5%
Ile de France	6%	6%	6%	6%	6%
Grand Est	11%	10%	11%	11%	11%
Bourgogne Franche Comté	9%	5%	9%	9%	9%
Nouvelle Aquitaine	17%	5%	17%	17%	17%
Occitanie	9%	3%	9%	9%	9%
Auvergne Rhône Alpes	18%	35%	18%	18%	18%
Provence Alpes Côte d'Azur	4%	2%	4%	4%	4%
CHAÎNE DE VALEUR INDIRECTE					
Hauts de France	7%	9%	8%	9%	8%
Normandie	4%	5%	5%	5%	5%
Bretagne	4%	4%	5%	5%	6%
Pays de la Loire	6%	7%	7%	7%	7%
Centre Val de Loire	3%	4%	4%	4%	4%
Ile de France	30%	20%	20%	19%	20%
Grand Est	7%	9%	9%	9%	8%
Bourgogne Franche Comté	3%	5%	5%	5%	5%
Nouvelle Aquitaine	8%	8%	9%	8%	10%
Occitanie	8%	7%	8%	7%	9%
Auvergne Rhône Alpes	12%	15%	14%	15%	12%
Provence Alpes Côte d'Azur	7%	6%	7%	6%	7%

Géothermies

Coût et part locale

La géothermie profonde concerne des installations alimentant des réseaux de chaleur qui déservent l'habitat collectif du secteur tertiaire ou industriel, avec des forages bien plus profonds que pour des installations de géothermie de surface. Cette spécificité est renforcée par la très grande variabilité des installations : selon la zone géographique concernée, la typologie de source chaude visée ou encore les caractéristiques de la source, les montants de CAPEX et d'OPEX pourront atteindre des valeurs très dispersées.

Vu la nature de ce secteur, il a donc été décidé de ne pas procéder à partir d'études de cas, mais de s'appuyer sur une bibliographie permettant une prise en compte de cette grande diversité. Pour ce faire, les études de l'ADEME de 2016 et 2019 ont été privilégiées. L'évolution des coûts dans le temps suit l'évolution suivante : 2 % d'augmentation pour le CAPEX sur la période 2019-2028, et 1,2 % d'augmentation pour l'OPEX, qui suit en fait l'évolution du prix de l'électricité. Les hypothèses présentées ont été revues par plusieurs acteurs de cette filière, à travers des entretiens, et modifiées le cas échéant, afin de refléter au mieux la réalité de la filière.

Les projets de géothermie profonde s'articulent autour des phases d'étude et développement (cinq ans), de construction (2 ans), de fabrication des équipements (1 ans) pour une durée d'exploitation de 30 années en moyenne.

Les PAC géothermiques ont été modélisées en mobilisant les mêmes ressources que pour la filière des PAC aérothermiques. La spécificité des PAC géothermiques, avec la présence de foreurs, a également été prise en compte.

PAC géothermiques

PAC géothermiques domestique	Coût	Géothermie de surface	Coût
CAPEX (K€/PAC HT)	22 ⁴⁰	CAPEX (K€/MW)	1000 ⁴⁵
OPEX (K€/PAC/an HT)	1,1 ⁴¹	OPEX (K€/MW/an HT)	90 ⁴⁵

		Coût (%) ⁴²	Importations (%) ^{29 31}
CAPEX	Développement	3%	0%
	Equipement	37%	47%
	Installation et ou forage	60%	0%
OPEX	Opérations et maintenance	100%	0%

Géothermie profonde

Catégorie de coût	Coût (k€/MW)
CAPEX (K€/MW)	1150 ⁴²
OPEX (K€/MW/an HT)	150 ⁴³

		Coût (%)	Importations (%) ⁴²
CAPEX	Bureaux d'études	10%	0%
	Forages	18%	0%
	Installation	53%	0%
	Equipement	19%	47%
OPEX	Opérations et maintenance	100%	0%

Régionalisation

⁴⁰ Entretiens avec les acteurs de la filière

⁴¹ AFPG, *Géothermie assistée par pompe à chaleur, étude technico-économique*, 2014

⁴² ADEME, *Marchés & emplois concourant à la transition énergétique et écologique dans le secteur des énergies renouvelables et de récupération : situation 2014-2016 et perspectives à court terme*, 2019

⁴³ ADEME, *Coûts des énergies renouvelables en France*, 2016

Les indicateurs directs ont été distribués selon les hypothèses suivantes :

- ◆ **Exploitation et maintenance** : distribution selon les capacités installées dans chaque région en 2019 et en 2028.
- ◆ **Construction et installation** : distribution selon les capacités installées dans chaque région en 2019 et en 2028.
- ◆ **Fabrications d'équipements** : distribution selon l'implantation géographique des principaux acteurs concernés et de leurs capacités industrielles (notamment CIAT, Bosh et Lemasson), ainsi que la répartition régionale moyenne du secteur concerné, élaborée à partir des données régionales de l'emploi de l'INSEE en France en 2016 (publiées en 2019).
- ◆ **Développement** : distribution selon les capacités installées dans chaque région en 2019 et en 2028.

La régionalisation des indicateurs indirects repose sur la répartition régionale des 65 secteurs de l'économie considérés dans la modélisation, élaborée à partir des données régionales de l'emploi en France en 2016 de l'INSEE, publiées en 2019.

La répartition régionale des emplois directs et indirects en 2028 est synthétisée dans le tableau ci-dessous :

Régions	Développement	Fabrication d'équipements	Construction et installation	Exploitation et maintenance
CHAINE DE VALEUR DIRECTE				
Hauts de France	6%	4%	6%	6%
Normandie	2%	13%	2%	2%
Bretagne	0%	12%	0%	0%
Pays de la Loire	0%	5%	0%	0%
Centre Val de Loire	3%	3%	3%	3%
Ile de France	44%	4%	44%	44%
Grand Est	15%	7%	15%	15%
Bourgogne Franche Comté	2%	4%	2%	2%
Nouvelle Aquitaine	9%	3%	9%	9%
Occitanie	8%	2%	8%	8%
Auvergne Rhône Alpes	10%	40%	10%	10%
Provence Alpes Côte d'Azur	2%	1%	2%	2%
CHAINE DE VALEUR INDIRECTE				
Hauts de France	7%	9%	8%	8%
Normandie	4%	5%	5%	5%
Bretagne	4%	4%	5%	4%
Pays de la Loire	6%	7%	7%	6%
Centre Val de Loire	3%	4%	4%	4%
Ile de France	30%	20%	20%	21%
Grand Est	7%	9%	9%	9%
Bourgogne Franche Comté	3%	5%	5%	5%
Nouvelle Aquitaine	8%	8%	9%	8%
Occitanie	8%	7%	8%	7%
Auvergne Rhône Alpes	12%	15%	14%	14%
Provence Alpes Côte d'Azur	7%	6%	7%	7%

Aérothermie

Coût et part locale

La filière des PAC aérothermiques est constituée de nombreux acteurs, à l'image de la demande, diffuse mais importante sur l'ensemble du territoire. L'étude de l'ADEME 2019 a, de ce point de vue, permis de s'appuyer sur des chiffres crédibles et représentatifs de la filière. Les chiffres de CAPEX avaient déjà bénéficié d'une analyse en profondeur, avec une répartition entre les équipements importés ou produits en France, et une allocation fine de la marge produite par acteur, pour les phases d'installation et de distribution notamment.

En considérant une durée de deux ans pour les phases d'équipement et de construction, puis environ 17 années d'exploitation, l'étude prend en compte les retours des acteurs de la filière interrogés.

Le CAPEX suit une évolution de -3% sur la période 2019-2028, ce chiffre prenant appui sur l'évolution moyenne des coûts des PAC sur la période 2015-2019, en l'absence de changement dans la fiscalité de la filière.

PAC (aérothermiques)

Catégorie de coût	Coût ⁴⁴
CAPEX (K€/PAC HT)	8,5
OPEX (K€/PAC/an HT)	91

		Coût (%) ⁴⁵	Importations (%) ⁴⁵
CAPEX	Fabrication de l'équipement	33%	47%
	Distribution	33%	0%
	Pose	33%	0%
OPEX	Opérations et maintenance	100%	0%

⁴⁴ ADEME, *Marchés & emplois concourant à la transition énergétique et écologique dans le secteur des énergies renouvelables et de récupération : situation 2014 -2016 et perspectives à court terme*, 2019

Régionalisation

Les indicateurs directs ont été distribués selon les hypothèses suivantes :

- ♦ **Exploitation et maintenance** : distribution selon les capacités installées dans chaque région en 2019 et en 2028.
- ♦ **Construction et installation** : distribution selon les capacités installées dans chaque région en 2019 et en 2028.
- ♦ **Fabrications d'équipements** : distribution selon l'implantation géographique des principaux acteurs concernés et de leurs capacités industrielles (notamment Atlantic, Saunier Duval, De Dietrich, CIAT, Groupe Aldes), ainsi que la répartition régionale moyenne du secteur concerné, élaborée à partir des données régionales de l'emploi de l'INSEE en France en 2016 (publiées en 2019).

La régionalisation des indicateurs indirects repose sur la répartition régionale des 65 secteurs de l'économie considérés dans la modélisation, élaborée à partir des données régionales de l'emploi en France en 2016 de l'INSEE, publiées en 2019.

La répartition régionale des emplois directs et indirects en 2028 est synthétisée dans le tableau ci-dessous :

Régions	Fabrication d'équipements	Construction et installation	et	Exploitation et maintenance
CHAINE DE VALEUR DIRECTE				
Hauts de France	14%	5%		5%
Normandie	3%	3%		3%
Bretagne	2%	4%		4%
Pays de la Loire	15%	5%		5%
Centre Val de Loire	3%	2%		2%
Ile de France	4%	8%		8%
Grand Est	17%	9%		9%
Bourgogne Franche Comté	4%	2%		2%
Nouvelle Aquitaine	3%	9%		9%
Occitanie	2%	15%		15%
Auvergne Rhône Alpes	30%	15%		15%
Provence Alpes Côte d'Azur	1%	21%		21%
CHAINE DE VALEUR INDIRECTE				
Hauts de France	8%	8%		8%
Normandie	5%	5%		5%
Bretagne	4%	5%		4%
Pays de la Loire	6%	7%		6%
Centre Val de Loire	4%	4%		4%
Ile de France	25%	20%		23%
Grand Est	8%	9%		9%
Bourgogne Franche Comté	4%	5%		4%
Nouvelle Aquitaine	8%	9%		8%
Occitanie	7%	8%		8%
Auvergne Rhône Alpes	13%	14%		14%
Provence Alpes Côte d'Azur	7%	7%		7%

Biocarburants

Cout et part locale

Les biocarburants de 1^{ère} génération et les biocarburants avancés, d'un côté le bioéthanol et de l'autre le biodiesel, ont fait l'objet de cette étude pour leur contribution à la part d'énergies renouvelables dans la consommation finale de carburant.

En 2017, la France a produit 27 TWh de bioéthanol (24 %) et de biodiesel (76 %)⁴⁵. Le bioéthanol produit en France se compose de 40 % de blé, 37 % de betterave et 23 % de maïs ; 8 % de ces matières premières étant importées. Le biodiesel produit en France est composé de 5 % de tournesol et 90 % de colza, dont 20 % sont issus d'importations, ainsi que de 5 % de palme et de soja importés à 100 %.

Sur la base d'une étude d'EY menée en 2015 sur le coût de production de biocarburants en France⁴⁶, les coûts totaux de production du bioéthanol et du biodiesel 1^{ère} génération ont été définis et divisés en CAPEX et OPEX.

Les projets de biocarburants 1^{ère} génération s'articulent autour des phases de production des matières premières (1 an) et de construction des unités de transformation en biocarburant (1 an) pour une durée d'exploitation de 20 années en moyenne.

La répartition du coût de production d'un biocarburant moyen de 1^{ère} génération est synthétisée dans le tableau ci-dessous :

Biocarburant 1^{ère} génération

Coût (€/L) de biocarburant	
Consolidé	
0,93	

		Coût (%) ^{47,48,47,48,51}
CAPEX	Construction	16%
OPEX	Production de matières premières	81%
	Exploitation et maintenance	19%

Les objectifs en termes de biocarburants avancés correspondent aux taux d'incorporation fixés par la PPE, légèrement croissants de 2019 à 2028. Au vu du manque de maturité de la filière des biocarburants avancés, les hypothèses de coûts sont basés sur une étude française datant de 2019 et réalisée par E-cube⁴⁹. Ces coûts sont théoriques car la filière n'existe pas actuellement en France. Il est par ailleurs probable que ces coûts soient une sous-estimation par rapport au coût de production réel. Une baisse de 2 % du coût total de production des biocarburants avancés entre 2019 et 2028 a été considérée comme cela est suggéré dans l'étude de référence.

⁴⁵ FranceAgrimer, *Fiches filières Biogazole et Bioéthanol, chiffres de 2017, 2019*

⁴⁶ EY, *Etude sur les coûts de production de biocarburants en France, 2015*

⁴⁷ ADEME, *Marchés & emplois concourant à la transition énergétique et écologique dans le secteur des énergies renouvelables et de récupération, 2019*

⁴⁸ ADEME, *Marchés & emplois dans le domaine des énergies renouvelables, 2017*

⁴⁹ E-cube, *Marché français des biocarburants, 2019*

Régionalisation

Les indicateurs directs et indirects ont été distribués selon la répartition régionale des cultures des oléagineux et de la betterave industrielle sur le territoire, pour l'ensemble des segments.

Les données de répartition des cultures sont issues des publications mensuelles sur la production Grandes Cultures (nation et région) de l'Agreste, pour décembre 2019.

La répartition régionale des emplois directs et indirects en 2028 est synthétisée dans le tableau ci-dessous :

Régions	Activités agricoles	Construction et installation	et	Exploitation et maintenance
CHAINE DE VALEUR DIRECTE				
Hauts de France	14%	14%		14%
Normandie	7%	7%		7%
Bretagne	2%	2%		2%
Pays de la Loire	5%	5%		5%
Centre Val de Loire	13%	13%		13%
Ile de France	4%	4%		4%
Grand Est	17%	17%		17%
Bourgogne Franche Comté	8%	8%		8%
Nouvelle Aquitaine	14%	14%		14%
Occitanie	12%	12%		12%
Auvergne Rhône Alpes	4%	4%		4%
Provence Alpes Côte d'Azur	0%	0%		0%
CHAINE DE VALEUR INDIRECTE				
Hauts de France	14%	14%		14%
Normandie	7%	7%		7%
Bretagne	2%	2%		2%
Pays de la Loire	5%	5%		5%
Centre Val de Loire	13%	13%		13%
Ile de France	4%	4%		4%
Grand Est	17%	17%		17%
Bourgogne Franche Comté	8%	8%		8%
Nouvelle Aquitaine	14%	14%		14%
Occitanie	12%	12%		12%
Auvergne Rhône Alpes	4%	4%		4%
Provence Alpes Côte d'Azur	0%	0%		0%

ANNEXES

RESULTATS PAR REGION

Auvergne Rhône Alpes

ETP et VA par filière pour les années 2019 et 2028

Auvergne Rhône Alpes - ETP (en unité d'ETP)

Filières	2019	2028
Biocarburants	890	1 050
Bois énergie	8 580	11 360
Eolien terrestre	1 620	2 750
Géothermie	210	920
Hydroélectricité	5 670	8 730
Méthanisation	1 260	2 720
Eolien en mer	90	500
PAC	3 360	4 240
Solaire PV	2 560	4 420
Solaire thermique	270	530
Total	24 530	37 220

Auvergne Rhône Alpes - VA (en millions d'euros)

Filières	2019	2028
Biocarburants	59	72
Bois énergie	877	1 248
Eolien terrestre	142	226
Géothermie	23	95
Hydroélectricité	388	621
Méthanisation	105	224
Eolien en mer	9	47
PAC	402	554
Solaire PV	201	327
Solaire thermique	19	38
Total	2 226	3 453

Bourgogne Franche Comté

ETP et VA par filière pour les années 2019 et 2028

Bourgogne Franche Comté - ETP (en unité d'ETP)

Filières	2019	2028
Biocarburants	2 090	2 450
Bois énergie	3 060	4 610
Eolien terrestre	810	1 600
Géothermie	60	230
Hydroélectricité	510	690
Méthanisation	530	1 940
Eolien en mer	30	160
PAC	680	880
Solaire PV	690	1 330
Solaire thermique	70	140
Total	8 530	14 030

Bourgogne Franche Comté - VA (en millions d'euros)

Filières	2019	2028
Biocarburants	139	170
Bois énergie	325	512
Eolien terrestre	64	115
Géothermie	6	23
Hydroélectricité	37	51
Méthanisation	42	145
Eolien en mer	3	15
PAC	76	104
Solaire PV	53	96
Solaire thermique	5	10
Total	750	1 240

Bretagne

ETP et VA par filière pour les années 2019 et 2028

Bretagne - ETP (en unité d'ETP)

Filières	2019	2028
Biocarburants	590	690
Bois énergie	2 340	3 340
Eolien terrestre	830	1 500
Géothermie	60	180
Hydroélectricité	410	570
Méthanisation	850	2 000
Eolien en mer	350	2 040
PAC	780	1 040
Solaire PV	560	950
Solaire thermique	50	100
Total	6 820	12 400

Bretagne - VA (en millions d'euros)

Filières	2019	2028
Biocarburants	39	48
Bois énergie	255	383
Eolien terrestre	66	110
Géothermie	6	18
Hydroélectricité	32	45
Méthanisation	66	151
Eolien en mer	34	166
PAC	96	135
Solaire PV	46	74
Solaire thermique	4	8
Total	645	1 124

Centre Val de Loire

ETP et VA par filière pour les années 2019 et 2028

Centre Val de Loire - ETP (en unité d'ETP)

Filières	2019	2028
Biocarburants	3 420	4 020
Bois énergie	2 370	3 310
Eolien terrestre	770	1 450
Géothermie	70	250
Hydroélectricité	340	500
Méthanisation	500	1 660
Eolien en mer	30	150
PAC	670	880
Solaire PV	680	970
Solaire thermique	40	80
Total	8 890	13 260

Centre Val de Loire - VA (en millions d'euros)

Filières	2019	2028
Biocarburants	227	278
Bois énergie	251	371
Eolien terrestre	58	102
Géothermie	8	26
Hydroélectricité	27	40
Méthanisation	40	126
Eolien en mer	2	14
PAC	85	121
Solaire PV	53	73
Solaire thermique	3	6
Total	755	1 158

Grand Est

ETP et VA par filière pour les années 2019 et 2028

Grand Est - ETP (en unité d'ETP)

Filières	2019	2028
Biocarburants	4 230	4 970
Bois énergie	5 930	8 120
Eolien terrestre	2 040	3 610
Géothermie	150	840
Hydroélectricité	1 470	1 960
Méthanisation	1 030	1 790
Eolien en mer	50	310
PAC	2 010	2 550
Solaire PV	1 280	1 910
Solaire thermique	150	290
Total	18 340	26 330

Grand Est - VA (en millions d'euros)

Filières	2019	2028
Biocarburants	281	343
Bois énergie	634	921
Eolien terrestre	150	250
Géothermie	16	85
Hydroélectricité	103	142
Méthanisation	82	143
Eolien en mer	5	28
PAC	239	330
Solaire PV	101	146
Solaire thermique	10	21
Total	1 621	2 411

Hauts de France

ETP et VA par filière pour les années 2019 et 2028

Hauts de France - ETP (en unité d'ETP)

Filières	2019	2028
Biocarburants	3 450	4 050
Bois énergie	4 040	5 450
Eolien terrestre	2 320	3 670
Géothermie	120	530
Hydroélectricité	610	900
Méthanisation	1 030	2 470
Eolien en mer	260	2 056
PAC	1 620	2 040
Solaire PV	920	1 530
Solaire thermique	70	150
Total	14 440	22 850

Hauts de France - VA (en millions d'euros)

Filières	2019	2028
Biocarburants	230	280
Bois énergie	430	616
Eolien terrestre	166	254
Géothermie	12	53
Hydroélectricité	49	74
Méthanisation	83	194
Eolien en mer	27	143
PAC	180	244
Solaire PV	77	123
Solaire thermique	6	12
Total	1 260	1 994

Île de France

ETP et VA par filière pour les années 2019 et 2028

Île de France - ETP (en unité d'ETP)

Filières	2019	2028
Biocarburants	1 000	1 180
Bois énergie	6 090	8 010
Eolien terrestre	2 810	3 690
Géothermie	1 220	2 290
Hydroélectricité	1 420	2 110
Méthanisation	1 280	3 120
Eolien en mer	570	890
PAC	2 970	4 030
Solaire PV	2 000	3 220
Solaire thermique	150	300
Total	19 510	28 820

Île de France - VA (en millions d'euros)

Filières	2019	2028
Biocarburants	67	81
Bois énergie	658	897
Eolien terrestre	273	361
Géothermie	139	244
Hydroélectricité	129	195
Méthanisation	123	295
Eolien en mer	59	92
PAC	397	566
Solaire PV	198	309
Solaire thermique	14	28
Total	2 058	3 069

Normandie

ETP et VA par filière pour les années 2019 et 2028

Normandie - ETP (en unité d'ETP)

Filières	2019	2028
Biocarburants	1 730	2 030
Bois énergie	2 830	3 920
Eolien terrestre	740	1 350
Géothermie	70	270
Hydroélectricité	370	530
Méthanisation	680	1 750
Eolien en mer	620	6 630
PAC	810	1 080
Solaire PV	550	990
Solaire thermique	50	110
Total	8 450	18 660

Normandie - VA (en millions d'euros)

Filières	2019	2028
Biocarburants	115	140
Bois énergie	305	444
Eolien terrestre	61	103
Géothermie	8	28
Hydroélectricité	30	44
Méthanisation	54	135
Eolien en mer	60	468
PAC	104	148
Solaire PV	47	78
Solaire thermique	4	8
Total	788	1 597

Nouvelle Aquitaine

ETP et VA par filière pour les années 2019 et 2028

Nouvelle Aquitaine - ETP(en unité d'ETP)

Filières	2019	2028
Biocarburants	3 610	4 240
Bois énergie	7 450	11 280
Eolien terrestre	1 430	2 450
Géothermie	260	620
Hydroélectricité	1 300	1 830
Méthanisation	760	3 000
Eolien en mer	60	1 230
PAC	1 550	2 080
Solaire PV	2 920	3 950
Solaire thermique	170	330
Total	19 510	31 300

Nouvelle Aquitaine - VA (en millions d'euros)

Filières	2019	2028
Biocarburants	240	293
Bois énergie	835	1 302
Eolien terrestre	113	183
Géothermie	29	64
Hydroélectricité	95	137
Méthanisation	62	229
Eolien en mer	6	87
PAC	205	293
Solaire PV	213	278
Solaire thermique	12	24
Total	1 809	2 890

Occitanie

ETP et VA par filière pour les années 2019 et 2028

Occitanie - ETP (en unité d'ETP)

Filières	2019	2028
Biocarburants	3 080	3 610
Bois énergie	3 850	5 840
Eolien terrestre	1 380	2 300
Géothermie	140	560
Hydroélectricité	2 520	3 150
Méthanisation	890	2 670
Eolien en mer	170	760
PAC	1 840	2 480
Solaire PV	2 430	4 020
Solaire thermique	250	480
Total	16 550	25 870

Occitanie - VA (en millions d'euros)

Filières	2019	2028
Biocarburants	205	250
Bois énergie	429	667
Eolien terrestre	113	177
Géothermie	15	58
Hydroélectricité	171	219
Méthanisation	74	211
Eolien en mer	15	67
PAC	260	376
Solaire PV	183	282
Solaire thermique	17	34
Total	1 481	2 340

Pays de la Loire

ETP et VA par filière pour les années 2019 et 2028

Pays de la Loire - ETP (en unité d'ETP)

Filières	2019	2028
Biocarburants	1 180	1 380
Bois énergie	3 620	4 310
Eolien terrestre	1 130	1 870
Géothermie	80	230
Hydroélectricité	450	660
Méthanisation	970	1 930
Eolien en mer	810	3 350
PAC	1 420	1 750
Solaire PV	1 040	1 600
Solaire thermique	80	160
Total	10 780	17 250

Pays de la Loire - VA (en millions d'euros)

Filières	2019	2028
Biocarburants	78	96
Bois énergie	368	483
Eolien terrestre	93	143
Géothermie	8	23
Hydroélectricité	36	54
Méthanisation	76	149
Eolien en mer	80	243
PAC	152	204
Solaire PV	81	121
Solaire thermique	6	12
Total	980	1 526

Provence Alpes Côte d'Azur

ETP et VA par filière pour les années 2019 et 2028

Provence Alpes Côte d'Azur - ETP (en unité d'ETP)

Filières	2019	2028
Biocarburants	120	140
Bois énergie	2 700	3 780
Eolien terrestre	710	1 120
Géothermie	90	310
Hydroélectricité	1 650	2 250
Méthanisation	560	1 260
Eolien en mer	230	990
PAC	2 080	2 820
Solaire PV	1 780	3 150
Solaire thermique	190	360
Total	10 110	16 180

Provence Alpes Côte d'Azur - VA (en millions d'euros)

Filières	2019	2028
Biocarburants	8	10
Bois énergie	297	430
Eolien terrestre	67	102
Géothermie	10	33
Hydroélectricité	116	162
Méthanisation	49	109
Eolien en mer	20	87
PAC	305	443
Solaire PV	135	222
Solaire thermique	13	26
Total	1 021	1 624

RETOMBÉES FISCALES (en millions d'euros)

	Auvergne Rhône Alpes	Bourgogne Franche Comté	Bretagne	Centre Val De Loire	Grand Est	Hauts De France	Île de France	Normandie	Nouvelle Aquitaine	Occitanie	Pays de la Loire	Provence Alpes Côte d' Azur	D	Etat Ind	TVA	TICPE	Total
2019																	
Biocarburants	3.5	1.8	0.5	1.3	3.3	1.0	4.3	2.0	3.5	3.0	1.0	0.0	301	273	338	1,952	2,889
Bois domestique	6.2	3.4	2.1	2.1	6.1	3.3	2.1	3.0	10.6	4.7	1.9	2.6	509	460	643	-	1,660
Bois collectif tertiaire et industriel	5.8	2.9	1.6	2.1	5.1	2.7	2.3	2.3	6.2	2.4	1.7	1.6	506	457	490	-	1,490
Eolien terrestre	6.7	8.9	8.3	11.9	31.6	40.2	0.8	6.7	15.5	13.1	9.4	1.0	305	276	274	-	1,009
Méthanisation	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	182	164	171	-	517
Géothermie	0.5	0.1	0.2	0.1	0.4	0.2	1.7	0.1	0.4	0.3	0.1	0.1	55	50	56	-	166
Hydroélectricité	282.5	12.8	6.6	2.3	55.9	0.1	0.5	1.0	42.9	131.0	0.2	79.1	305	276	243	-	1,439
Offshore flottant	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	0.4	17	16	16	-	50
Offshore posé	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	1.5	0.0	0.0	1.0	0.0	55	50	48	-	157
PAC Solaire thermique	5.8	0.8	1.5	0.8	3.5	1.9	3.1	1.2	3.5	5.8	1.9	7.7	435	394	500	-	1,366
Solaire PV	0.4	0.1	0.0	0.0	0.2	0.1	0.1	0.0	0.2	0.4	0.1	0.3	24	22	23	-	70
Solaire PV	10.5	3.5	2.1	3.9	5.3	2.6	1.7	1.7	22.5	18.8	4.7	14.5	306	277	278	-	952
Total	322	34	24	24	111	53	17	20	105	180	22	107	3,0k	2,7k	3,0k	1,952	11,8k
2028																	
Biocarburants	4.3	2.2	0.6	1.5	4.0	1.2	5.3	2.5	4.3	3.7	1.2	0.0	386	350	412	1,952	3,131
Bois domestique	9.6	5.2	3.6	3.4	9.1	5.2	3.3	4.7	15.6	7.3	3.1	4.1	785	710	991	-	2,560
Bois collectif tertiaire et industriel	9.1	4.7	2.1	2.7	5.6	2.9	2.8	2.9	8.4	4.5	1.9	2.2	627	567	664	-	1,908
Eolien terrestre	22.7	24.2	20.4	24.4	60.4	61.9	3.6	17.2	32.5	28.8	21.7	5.3	478	433	425	-	1,659
Méthanisation	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	448	405	427	-	1,280
Géothermie	1.4	0.4	0.3	0.4	1.4	0.7	4.0	0.3	1.0	0.9	0.3	0.3	151	136	150	-	449
Hydroélectricité	299.0	14.5	6.9	2.3	57.4	0.3	0.7	1.2	46.0	138.5	0.2	83.4	429	388	357	-	1,825
Offshore flottant	0.0	0.0	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	1.4	2.1	68	61	63	-	199
Offshore posé	0.0	0.0	12.7	0.0	0.0	12.7	0.0	38.2	0.0	0.0	25.4	0.0	261	236	226	-	811
PAC Solaire thermique	8.2	1.1	2.2	1.1	4.9	2.7	4.4	1.6	4.9	8.2	2.7	10.9	592	536	703	-	1,884
Solaire PV	0.7	0.2	0.1	0.1	0.4	0.1	0.1	0.1	0.4	0.8	0.2	0.5	48	44	46	-	142
Solaire PV	54.3	19.8	10.0	11.7	18.5	12.9	12.8	9.8	66.2	75.0	17.6	60.9	473	428	426	-	1,697
Total	409	72	61	48	162	101	37	78	180	269	76	170	4,7k	4,3k	4,9k	1,952	17,5k

LES OBJECTIFS HAUTS DE LA PPE ET SCENARIO SER

Filière	Unité	Situation au 1 ^{er} janvier 2019	Objectif 2028 objectifs hauts de la PPE	Objectif 2028 objectifs scénario SER
Solaire photovoltaïque	GW	9,2	44,0	42
Hydroélectricité	GW	25,6	26,7	27,2
Eolien terrestre	GW	15,9	34,7	36
Eolien en mer posé (date de mise en service)	GW	0,0	4,5	5,3
Eolien en mer flottant (date de mise en service)	GW	0,0	0,096	0,346
Bois collectif, tertiaire et industriel	TWh	25,5	82,0	83,5
Bois domestique	TWh	80,0	80,0	96,5
Géothermie	TWh	2,0	5,2	6,2
PAC aérothermiques	TWh	27,0	42,8	37,2
PAC géothermiques	TWh	4,5	7,0	8,7
Biogaz	TWh	5,3	32,0	66,5
– dont Biométhane injecté	TWh	2,3	22,0	47,5
Solaire thermique	TWh	1,5	2,5	3,0
Biocarburants – 1 ^{ère} génération	% d'incorporation	7,0%	7,0%	7,0%
Biocarburants – Avancés – Essence (valeur comptable)	% d'incorporation	0,0%	3,8%	3,8%
Biocarburants – Avancés – Gazole (valeur comptable)	% d'incorporation	0,0%	2,8%	2,8%

BIBLIOGRAPHIE

- ADEME, Coûts des énergies renouvelables en France, 2016
- ADEME, Etude de la compétitivité et des retombées socio-économiques de la filière solaire française, 2017
- ADEME, Etude sur le chauffage domestique au bois, 2018
- ADEME, Expertise de la rentabilité des projets de méthanisation rurale, 2010
- ADEME, Fiche méthodologique "solaire photovoltaïque", 2019
- ADEME, Les coûts des énergies renouvelables en France, 2016
- ADEME, Marchés & emplois concourant à la transition énergétique et écologique dans le secteur des énergies renouvelables et de récupération, 2019
- ADEME, Marchés & emplois dans le domaine des énergies renouvelables, 2017
- ADEME, Un mix de gaz 100% renouvelable en 2050 ? Etude de faisabilité technico-économique, 2018
- ADEME, ATEE, DGCIS, Etude sur le potentiel du stockage d'énergies, octobre 2013
- AFIG, Géothermie assistée par pompe à chaleur, étude technico-économique, 2014
- ATEE, Statistiques filière biogaz, 2018
- BIPE, Evaluation de l'impact économique de la filière hydroélectrique française, 2012
- BloombergNEF, Energy Storage Investments Boom As Battery Costs Halve in the Next Decade, juillet 2019
- Brest.fr, EMR et port de Brest : 250 emplois attendus avec l'arrivée de Navantia, 2019
- CRE, Coûts et rentabilité du grand photovoltaïque en métropole continentale, 2019
- CRE, Dialogue concurrentiel n°1/2016 portant sur des installations éoliennes de production d'électricité en mer dans une zone au large de Dunkerque, 2019
- CRE, Le verdissement du gaz, 2019
- E-cube, Marché français des biocarburants, 2019
- EY, Etude sur les coûts de production de biocarburants en France, 2015
- FranceAgrimer, Fiches filières Biogazole et Bioéthanol, chiffres de 2017, 2019
- La Tribune, Malaunay championne de la transition écologique, juillet 2018
- Le Monde, Malaunay, ville-laboratoire de l'écolo-transition, octobre 2018
- Novethic, A la Réunion, les énergies renouvelables font jeu égal avec le charbon pour fournir l'électricité, janvier 2019
- Observ'ER, Suivi du marché 2018 des appareils domestiques de chauffage au bois, 2019
- Région Bretagne, portbrest.bretagne.bzh
- Région Normandie, Les Energies Marines Renouvelables, les infrastructures portuaires dédiées et les projets industriels de la Normandie, 2019
- RTE, Rapport sur les enjeux du développement de l'électromobilité pour le système électrique, 2019
- RTE, Raccorder les énergies marines renouvelables (EMR)
- Usinenouvelle, Pourquoi RTE veut investir 33 milliards d'euros dans le réseau électrique ?, septembre 2019
- Wood Mackenzie, 2018 Global Offshore Wind Industry Dynamics: supply chain, technology, and cost developments across the offshore wind industry, 2018
- Wood Mackenzie, Floating Offshore Wind: In Pursuit of Commercialization, 2018
- Wood Mackenzie, Global Onshore Wind Operations and Maintenance (O&M), Trends 2019



regroupe 400 adhérents, représentant 152 000 emplois directs et indirects. Il est l'organisation professionnelle qui rassemble les industriels de l'ensemble des filières énergies renouvelables : bois-énergie, biocarburants, éolien, énergies marines, gaz renouvelables, géothermie et pompes à chaleur, hydroélectricité, solaire et valorisation énergétique des déchets. Le SER a pour mission de défendre les droits et les intérêts de ses membres et de resserrer les liens qui les unissent, notamment pour développer la filière industrielle des énergies renouvelables en France et promouvoir la création d'emplois et de valeur ajoutée sur le territoire national.



est un des leaders mondiaux de l'audit, du conseil, de la fiscalité et du droit, des transactions. Partout dans le monde, notre expertise et la qualité de nos services contribuent à créer les conditions de la confiance dans l'économie et les marchés financiers. Nous faisons grandir les talents afin qu'ensemble, ils accompagnent les organisations vers une croissance pérenne. C'est ainsi que nous jouons un rôle actif dans la construction d'un monde plus juste et plus équilibré pour nos équipes, nos clients et la société dans son ensemble.

Contacts

Syndicat des énergies renouvelables

13-15 rue de la Baume,
75008 Paris
T. 01 48 78 05 60

contact@enr.fr
www.enr.fr
www.ser-evenements.com

EY

Alexis Gazzo
alexis.gazzo@fr.ey.com
T. 01 46 93 63 98

Jean-Gabriel Robert
jean-gabriel.robert@fr.ey.com
T. 06 80 04 64 57

Alice Sireyjol
alice.sireyjol@fr.ey.com
T. 06 99 23 25 95

Olivier Baboulet
olivier.baboulet@fr.ey.com
T. 07 78 84 28 65