

8^e édition

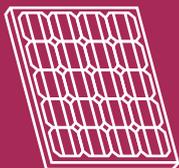


LE BAROMÈTRE 2017



DES ÉNERGIES RENOUVELABLES ÉLECTRIQUES EN FRANCE

Observ'ER



Ce baromètre a été réalisé et édité par Observ'ER.

Il est téléchargeable en format PDF sur :

- www.energies-renouvelables.org
- www.fnccr.asso.fr



Directeur de la publication : Vincent Jacques le Seigneur

Directrice adjointe : Diane Lescot

Rédacteurs : Julien Courtel, Aude Richard et Juliette Talpin sous la direction de Frédéric Tuillé, responsable des études

Responsable des produits éditoriaux : Romain David

Secrétaire de rédaction : Charlotte de L'escale

Conception graphique : Lucie Baratte/kaleidoscopeye.com

Réalisation graphique : Alice Guillier

Le contenu de cette publication n'engage que la responsabilité d'Observ'ER et ne représente pas l'opinion de la FNCCR ni celle de l'Ademe. Celles-ci ne sont pas responsables de l'usage qui pourrait être fait des informations qui y figurent.

**Un ouvrage réalisé
en partenariat avec
la FNCCR et l'Ademe.**



AVANT-PROPOS	2
ÉDITO	3

AUTOCONSOMMATION	5
ÉOLIEN	10
PHOTOVOLTAÏQUE	22
HYDRAULIQUE	35
BIOMASSE SOLIDE	46
BIOGAZ	56
DÉCHETS URBAINS RENEUVABLES	67
GÉOTHERMIE	77
ÉNERGIES MARINES RENEUVABLES	84
SOLAIRE THERMODYNAMIQUE	95
SYNTHÈSE	106

PANORAMA RÉGIONAL DES FILIÈRES RENEUVABLES ÉLECTRIQUES EN FRANCE	108
LES RÉGIONS À LA LOUPE	124
LEXIQUE ET SOURCES	165



SOMMAIRE

Observ'ER

Le Baromètre 2017
des énergies renouvelables
électriques en France

Pour la huitième année, **Observ'ER** réalise son **“Baromètre des énergies renouvelables électriques en France”**. **Toutes les filières renouvelables de production électrique sont analysées à travers un ensemble d'informations et d'indicateurs énergétiques, socio-économiques et industriels.**

Pour chacun des secteurs étudiés, ce baromètre propose une lecture dynamique du développement récent à la lumière des

objectifs de puissance et/ou de production supplémentaire à mettre en œuvre au cours des années à venir.

L'ensemble de ces éléments constitue un panorama complet et actualisé de l'état de structuration des secteurs électriques renouvelables en France.

Ce baromètre est disponible en format électronique et il est téléchargeable sur les sites d'Observ'ER et de la FNCCR.

Note méthodologique

Source des données

Ce baromètre propose un ensemble d'indicateurs relatifs à la production d'électricité ainsi qu'aux parcs de production de source renouvelable en France.

Les indicateurs de puissances installées sont issus des données du SDES (Service de la donnée et des études statistiques), d'Enedis, pour la partie continentale, et d'EDF pour les territoires insulaires. Les données de production d'électricité sont basées sur les chiffres du SDES et du RTE.

Pour les filières éolienne et photovoltaïque, les résultats de collectes mises en place par Observ'ER, publiés respectivement dans l'“Atlas de l'éolien 2017” (cf. Le Journal de l'Éolien n° 25) et dans l'“Atlas du photovoltaïque 2017” (cf. Le Journal du Photovoltaïque n° 24) ont été utilisés.

Les indicateurs socio-économiques d'emploi et de chiffre d'affaires sont issus de l'étude diffusée par l'Ademe en 2017 : “Marchés et emplois dans le domaine des énergies renouvelables”.

Les informations publiées dans ce baromètre sont basées sur des données arrêtées à la date du 30 septembre 2017. Les indicateurs repris dans ce travail sont soumis à des consolidations par les organismes qui les élaborent et les diffusent ; ils peuvent donc être corrigés a posteriori.

2

AVANT-PROPOS

Observ'ER

Le Baromètre 2017
des énergies renouvelables
électriques en France



Pour la quatrième année consécutive, la FNCCR s'associe au "Baromètre annuel des énergies renouvelables électriques" édité par Observ'ER. Cette enquête est précieuse, à la fois pour "prendre la température" du secteur des énergies renouvelables, filière par filière, mais aussi parce qu'elle s'approche au plus près des initiatives des collectivités et autres acteurs du secteur. Pour la FNCCR, territoire d'énergie, il est particulièrement satisfaisant de constater combien les collectivités, année après année, s'emparent de la transition énergétique. Les réalisations et les projets ne manquent pas.

Elles trouvent une visibilité nouvelle dans le développement d'une mobilité propre, qui s'insère dans une vision de long terme. Produire localement de l'énergie, l'utiliser pour se déplacer, la stocker en cas de besoin. Il en est ainsi des infrastructures de recharge des véhicules électriques construites par nos adhérents, de l'ordre de 18 000 aujourd'hui, 23 000 à terme. Ces bornes peuvent s'insérer dans des projets de smart grids, tandis que les batteries des véhicules pourront stocker de l'électricité et la restituer au réseau en cas de besoin (véhicule to grid), ces batteries pouvant plus tard connaître une seconde vie dans des usages de stockage domestiques.

Il en est de même avec l'implantation de stations GNV et bio GNV, qui s'insèrent dans une économie circulaire appelée à un vif développement : production de biométhane à partir de déchets ménagers, agricoles, issu de stations d'épuration, réinjection dans le réseau ou directement dans les stations d'avitaillement. La logique se poursuit avec les premières expérimentations de mobilité hydrogène, notamment lorsque celui-ci permet de stocker les énergies renouvelables, donc de pallier leur intermittence. Ainsi, ces différentes mobilités propres sont non seulement complémentaires mais elles s'inscrivent aussi dans de vastes projets de territoires, pour valoriser les énergies locales. Au moment où la France a voté une loi mettant fin à l'exploitation des hydrocarbures et annonce la suppression à terme des véhicules à essence et diesel, l'engagement des collectivités doit être salué.

Il en va de même avec la production, comme l'atteste la création, en 2017, de nouvelles sociétés d'économie mixte dédiées aux énergies vertes. Les projets sont multiples, qu'il s'agisse de l'éolien, du photovoltaïque, de la chaleur renouvelable (biomasse, géothermie...) ou du biométhane. À chaque fois, ces projets s'inscrivent dans une dynamique

ÉDITO

Observ'ER

Le Baromètre 2017
des énergies renouvelables
électriques en France

territoriale où la mutualisation des moyens entre collectivités permet de bénéficier d'une expertise de haut niveau, éminemment nécessaire dans un contexte de complexité technique et juridique croissante, notamment avec un portage financier évolutif, entre complément de rémunération et, bientôt, contrats PPA (power purchase agreement) de long terme. Enfin, le développement du financement participatif est à ce titre une garantie supplémentaire de réussite, parce qu'il favorise l'acceptation sociale, et permet ainsi de trouver le bon point d'ancrage territorial.

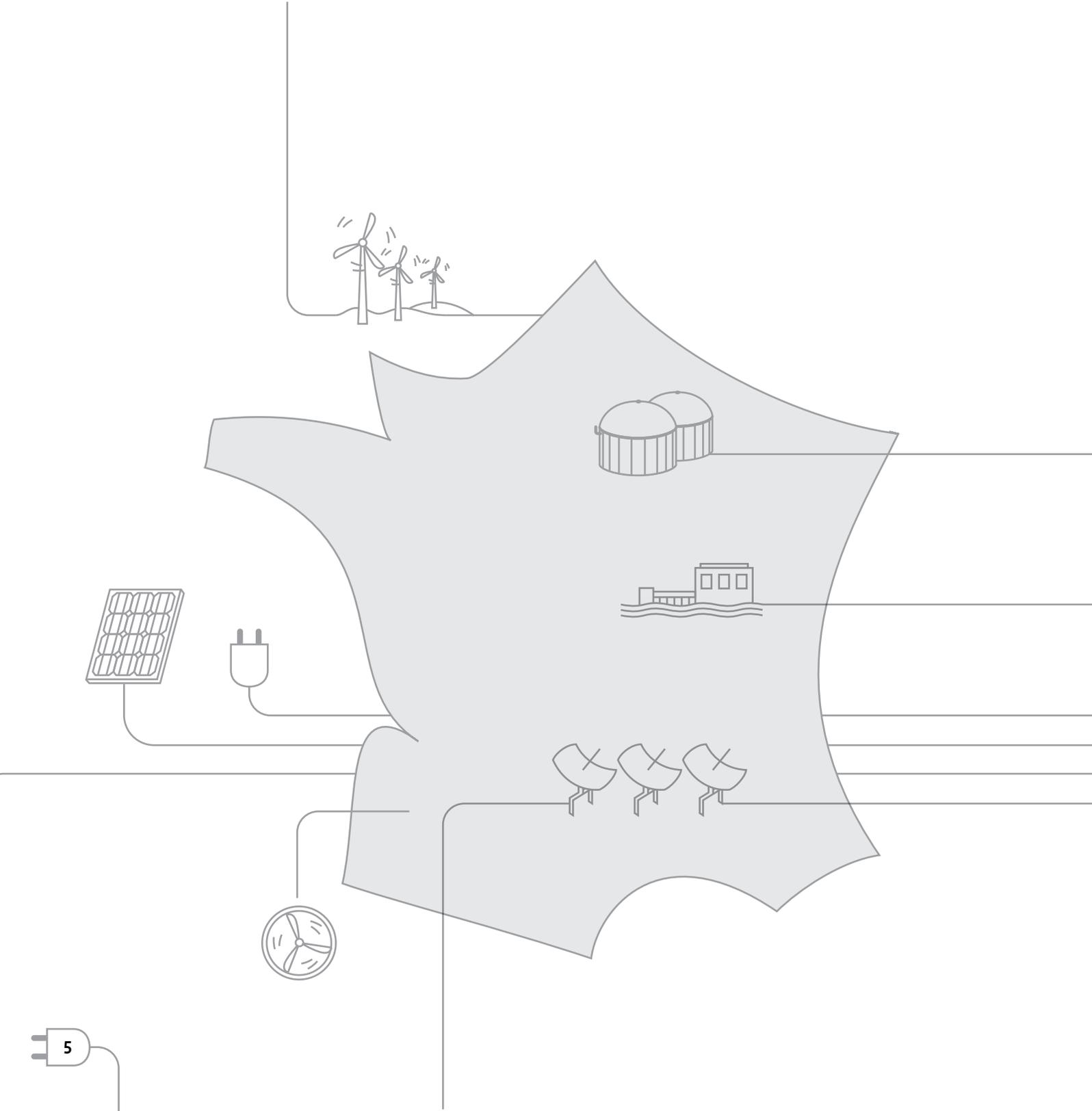
J'observe à ce titre – et m'en félicite – que les autorités organisatrices des services publics en réseaux d'énergie (métropoles, syndicats d'énergie, conseils régionaux...) s'inscrivent dans une forte dynamique, qui se traduit par la signature de contrats d'objectifs ambitieux avec les conseils régionaux, chefs de file de la transition énergétique.

Xavier Pintat,
Président de la FNCCR



Observ'ER

Le Baromètre 2017
des énergies renouvelables
électriques en France



LES FILIÈRES RENOUVELABLES

Observ'ER

Le Baromètre 2017
des énergies renouvelables
électriques en France

L'AUTOCONSOMMATION

Encore marginale il y a trois ans, l'autoconsommation d'électricité est désormais une composante centrale de la filière photovoltaïque. Grâce aux technologies numériques, les potentialités sont immenses. Mais un tel chamboulement pose des questions, notamment au niveau du financement des réseaux électriques nationaux.

L'AUTOCONSOMMATION, UNE IDÉE QUI SÉDUIT

L'arrivée des nouvelles technologies ouvre de nouvelles possibilités aux fournisseurs, aux gestionnaires de réseaux et aux consommateurs. Selon Enedis, 14 000 foyers, soit 0,04 % des 37 millions de clients raccordés, consomment déjà l'électricité qu'ils produisent. L'effet du développement de l'autoconsommation est lancé et modifiera profondément notre paysage énergétique dans les années à venir.

Que ce soit en autoconsommation ou en autoproduction (voir encadré), les motivations des investisseurs ont changé. Ils sont désignés par le terme « consom'acteurs » et ont envie de contrôler et diminuer leur facture d'électricité plutôt que de rechercher la rémunération des kWh vendus au réseau. Le phénomène est aujourd'hui visible dans la filière photovoltaïque, mais il pourrait s'étendre aux autres technologies renouvelables électriques.

La loi sur la nouvelle organisation des marchés de l'électricité (loi NOME) de 2010 introduisait la possibilité d'autoconsommer sa propre énergie sans explicitement nommer cette notion. Cette dernière n'a été inscrite dans la loi qu'en 2015, grâce à l'article 2 de la loi pour la transition énergétique et la croissance Verte (LTECV), qui précise que les pouvoirs publics « soutiennent l'auto-



Autoconsommation ou autoproduction ?

Le taux d'autoconsommation correspond à la part de production d'électricité qui est consommée sur place instantanément.

Autoconsommation (%) = production consommée sur place / production totale x 100

Le taux d'autoproduction est la part de consommation d'électricité qui est produite instantanément sur place par l'installation d'énergie renouvelable.

Autoproduction (%) = consommation produite sur place / consommation totale x 100

Ainsi, si une installation produit 100 kWh qui sont consommés par un bâtiment qui en requiert 200, le taux d'autoconsommation est de 100% mais le taux d'autoproduction est de 50%.

Observ'ER

Le Baromètre 2017
des énergies renouvelables
électriques en France

LES FILIÈRES RENOUVELABLES

consommation d'électricité ». Elle a depuis été définie dans une loi du 24 février 2017 : « le fait pour un producteur, dit autoproducteur, de consommer lui-même et sur un même site tout ou partie de l'électricité produite par son installation. La part de l'électricité produite qui est consommée l'est soit instantanément, soit après une période de stockage ». L'autoconsommation semble être un modèle qui séduit de nombreux particuliers. Un sondage mené par OpinionWay auprès de 1 010 personnes au deuxième trimestre 2016, commandé par Enerplan et présenté en mai 2016 lors d'un colloque consacré à l'autoconsommation, sert de référence en la matière. 47 % de la population seraient prêts à investir dans une installation photovoltaïque en autoconsommation. La première motivation de ces potentiels investisseurs est de maîtriser leurs dépenses énergétiques (47 %), puis de lutter concrètement contre le changement climatique (24 %), de passer outre les hausses du tarif de l'électricité du réseau national (20 %) et d'apporter une plus-value à leurs logements (10 %).

LES RÉGIONS À L'INITIATIVE DES PREMIERS PROJETS

De plus en plus en quête d'autonomie dans leur politique énergétique, les régions et les collectivités ont été parmi les premières à se saisir du phénomène. Des appels à projets en autoconsommation d'électricité photovoltaïque ont été organisés par ces entités dès 2015, soit avant la mise en place nationale d'un cadre réglementaire bien défini. Les bâtiments industriels, commerciaux ou tertiaires étaient visés, car leur profil de consommation d'électricité journalier épouse les heures de production d'électricité photovoltaïque.

C'est ainsi que l'Aquitaine (désormais Nouvelle-Aquitaine) a retenu en 2015 plusieurs installations de 10 à 500 kWc avec une autoconsommation annuelle moyenne d'au moins 80 %. Les dossiers étaient portés par des collectivités territoriales, des entreprises, des industries ou des bailleurs sociaux. Une démarche équivalente a été initiée la même année en Languedoc-Roussillon (maintenant dans la région Occitanie), où un appel à projets a été ouvert à tout maître d'ouvrage, à l'exception des particuliers, pour des installations de 10 à 250 kWc. Le taux d'autoconsommation des projets proposés devait être d'au moins 75 % et le taux d'autoproduction d'au moins 20 %.

Le mouvement est rapidement devenu national, avec un appel d'offres organisé par la Commission de régulation de l'énergie (CRE) le 2 août 2016, et dont les premiers résultats ont été rendus en décembre 2016 et en mars 2017, à chaque fois pour 20 MW de puissance. En terme de rémunération, ces appels d'offres donnent la possibilité aux projets sélectionnés d'avoir une prime pour chaque MWh produit et consommé sur place. Ainsi, chaque candidat propose un montant de prime, celui-ci étant le critère unique de sélection des projets : plus la prime proposée par un candidat est faible, et meilleure est la note du projet.

Sur la base des résultats des deux séries de projets retenus suite à l'appel d'offres de la CRE, trois évolutions sont observables. Premièrement sur les secteurs d'activité des lauréats : dans la tranche des projets retenus en décembre 2016, 58 % d'entre eux venaient de centres commerciaux et 34 % de sites industriels. Ces proportions s'inversent pour les lauréats de mars 2017, où les industriels présentaient 50 % des

LES FILIÈRES RENOUVELABLES

dossiers. Ensuite sur la valeur moyenne de la prime, qui est passée de 40,88 €/MWh à 19,35 €/MWh. Enfin sur la typologie des lauréats : aux PME de la première tranche (GreenYellow, Tenergie, Fonroche et Helios'R) se sont substitués des grands groupes tels EDF, qui se voit attribuer 8,6 MW de projets, Engie ou Total.

LES MODÈLES D'AUTOCONSOMMATION COLLECTIVE

La loi de février 2017 introduit un mécanisme encore plus innovant : l'autoconsommation collective. Elle correspond au cas où « la fourniture d'électricité est effectuée entre un ou plusieurs producteurs et un ou plusieurs consommateurs finals liés entre eux au sein d'une personne morale et dont les points de soutirage et d'injection sont situés en aval d'un même poste public de

transformation d'électricité de moyenne en basse tension ». Ce schéma repose sur la création d'une « structure juridique » englobant les consommateurs et fournisseurs et dont la responsabilité est de gérer les relations avec les autres parties prenantes, tel le gestionnaire de réseau. La forme de cette entité est libre : association, coopérative, société... Il n'y a pas de limite de puissance de l'installation car si, pour l'instant, un producteur au sein de la structure est limité à posséder une installation de 100 kWc maximum, il n'y a pas de limite au nombre de producteurs.

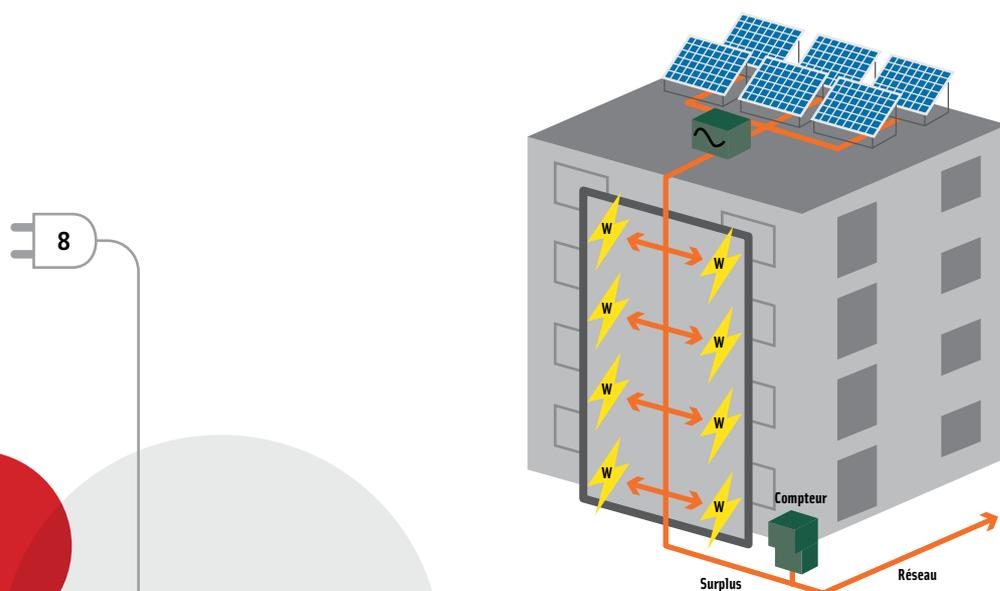
Ce nouveau modèle ouvre plusieurs horizons. D'abord, il donne accès à une électricité renouvelable et autoconsommée aux locataires qui, jusque-là, étaient exclus



Schéma n° 1

Schéma type d'autoconsommation collective

Source : Blog Tecsol



Observ'ER

Le Baromètre 2017
des énergies renouvelables
électriques en France

des schémas traditionnels d'autoconsommation, dont seuls les propriétaires pouvaient profiter. Ensuite, cette nouvelle approche d'autoconsommation collective permet d'associer des consommateurs aux profils différents tels des particuliers, des commerces et des bureaux, qui peuvent tous trois occuper un même bâtiment. Le modèle d'autoconsommation collective étant nouveau, encore peu de projets ont été lancés et les rares existant ont valeur de pilotes. C'est par exemple le cas de trois projets développés conjointement par Sunchain, Tecsol et Enedis, réalisés sur trois bâtiments distincts du département des Pyrénées-Orientales, à Perpignan.

NUMÉRIQUE, RÉSEAU ET STOCKAGE, LES ALLIÉS DE L'AUTOCONSOMMATION

Le déploiement de l'autoconsommation à grande échelle s'articule parfaitement avec les avancées faites en matière de numérique et de digital pour étendre les modes de gestion de réseaux ou les modèles d'affaires possibles. Les offres d'autoconsommation sont souvent couplées avec des outils numériques qui facilitent le suivi et le pilotage de la production d'électricité renouvelable, pour la faire coller au maximum avec la consommation d'un bâtiment. L'intelligence des appareils connectés entre également dans cette démarche. Le pilotage à distance de la consommation d'un bâtiment (température désirée dans les locaux, lissage des consommations d'énergie au cours de la journée, etc.) associé au suivi de la production et à des possibilités de stockage (dans des batteries, en rechargeant un véhicule électrique, etc.) peuvent aboutir à des solutions très efficaces en terme d'autonomie électrique. Ainsi, le déploiement des compteurs intelligents Linky par

Enedis s'articule avec cette approche. Le fait de pouvoir transmettre en direct des données et établir des profils de consommateurs contribue à proposer un pilotage fin de l'autoconsommation d'un site.

En termes de modèles d'affaires, le champ des possibles est aussi élargi. L'association de l'autoconsommation avec les possibilités du numérique peut permettre de proposer des offres où les échanges entre producteurs et consommateurs s'affranchissent du réseau électrique pour suivre les volumes contractualisés. Cette approche nouvelle mais très suivie par la filière photovoltaïque depuis deux ans est basée sur la *blockchain*. Blockchain France, l'un des principaux acteurs du domaine, définit cet outil comme « *une technologie de stockage et de transmission d'informations, transparente, sécurisée, et fonctionnant sans organe central de contrôle* ». Elle permet de suivre la production électrique d'un site renouvelable bien déterminé qui aurait conclu un contrat de vente pour son énergie avec un groupe de consommateurs situé physiquement à distance, et d'organiser le suivi des volumes consommés sans avoir recours aux données du réseau électrique qui transporte les électrons. ●

CHIFFRES CLÉS

Puissance installée à fin septembre 2017

12 908 MW

Production électrique en 2016

20 946 GWh

Objectif 2018

15 000 MW

Objectif 2023

Option basse

21 800 MW

Option haute

26 000 MW

Emplois directs dans la filière fin 2016

15 990

Chiffre d'affaires de la filière en 2016

4 516

millions d'euros



Éolienne du Chemin
d'Ablis, Eure-et-Loire
(Centre - Val-de-Loire).

EDF

Avec près de 13 GW de puissance installée, 21 TWh d'électricité produite et 16 000 emplois, l'éolien confirme son dynamisme retrouvé et affirme son rôle de relais de croissance dans les territoires. Cependant, la filière doit continuer de monter en puissance et doit, pour cela, se débarrasser des obstacles qui ralentissent encore sa croissance.

10

FILIÈRE ÉOLIENNE

Observ'ER

Le Baromètre 2017
des énergies renouvelables
électriques en France

Après une reprise amorcée en 2014 et confortée l'année suivante, la filière éolienne française connaît, depuis 2016, une dynamique sans précédent. Alors qu'un record de volume de puissances nouvellement raccordées a été atteint en 2016 avec 1 530 MW, 2017 devrait faire encore mieux. En effet, au cours des neuf premiers mois de l'année, 103 nouvelles installations ont été mises en service, pour une capacité totale de 1 019 MW, soit une hausse de 23 % par rapport à la même période de l'année précédente.

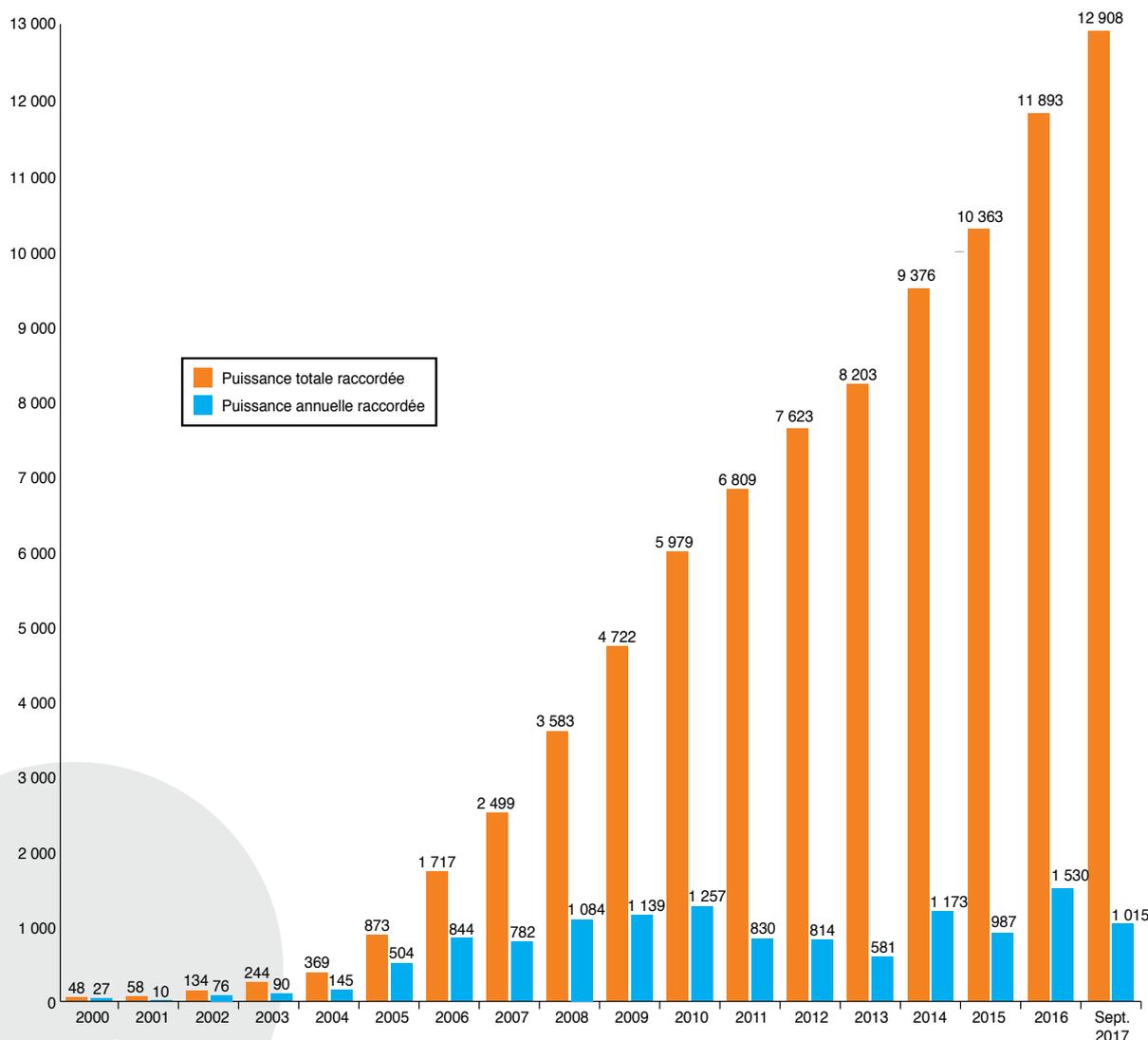
Avec un parc total raccordé de 12 908 MW à fin septembre 2017, la France est parvenue à rattraper le retard pris entre 2011 et 2013 pour désormais pleinement s'inscrire dans la lignée de ses objectifs à fin 2018. La projection de la dynamique actuelle devrait permettre de conclure 2017 sur un volume total de 1 600 MW et un parc total proche des 13 500 MW. Les 15 000 MW d'éolien terrestre ambitionnés à fin 2018 seraient alors tout à



Graphique n° 1

Évolution de la puissance éolienne raccordée depuis 2000 (en MW)

Source : Observ'ER d'après données SDES



Observ'ER

Le Baromètre 2017
des énergies renouvelables
électriques en France

fait réalisables, à condition que le secteur maintienne son rythme. En revanche, pour atteindre 26 GW en 2023, soit la fourchette haute fixée dans le cadre de la programmation pluriannuelle de l'énergie (la fourchette basse étant elle fixée à 21,3 GW), la cadence devra encore s'accélérer et passer les 2 GW installés par an, et ce dès 2018.

Au niveau européen, la France est actuellement le quatrième parc installé derrière l'Allemagne, l'Espagne et le Royaume-Uni (voir carte n° 1). En revanche, selon l'association WindEurope, si le pays respecte les objectifs inscrits dans la PPE, la France devrait installer 6 GW d'ici à 2020, ce qui en ferait le deuxième marché européen derrière l'Allemagne (12,9 GW) sur la période 2017 – 2020.

L'ÉOLIEN, UN RELAI DE CROISSANCE POUR LES RÉGIONS

À fin septembre 2017, la région Grand Est reste le territoire le mieux doté en puissance éolienne avec 3 093 MW devant les Hauts-de-France (2 990 MW). Ces deux premières Régions représentent 47 % du parc total national. Pour les autres régions, les puissances raccordées sont réparties de façon relativement équilibrée, hormis pour les Île-de-France, la Corse, Paca et les DOM, qui disposent chacun de moins de 80 MW. Les plus fortes progressions de puissance depuis le début de l'année 2017 sont à mettre au crédit des Hauts-de-France avec 234 MW, soit 23 % des nouvelles capacités raccordées.

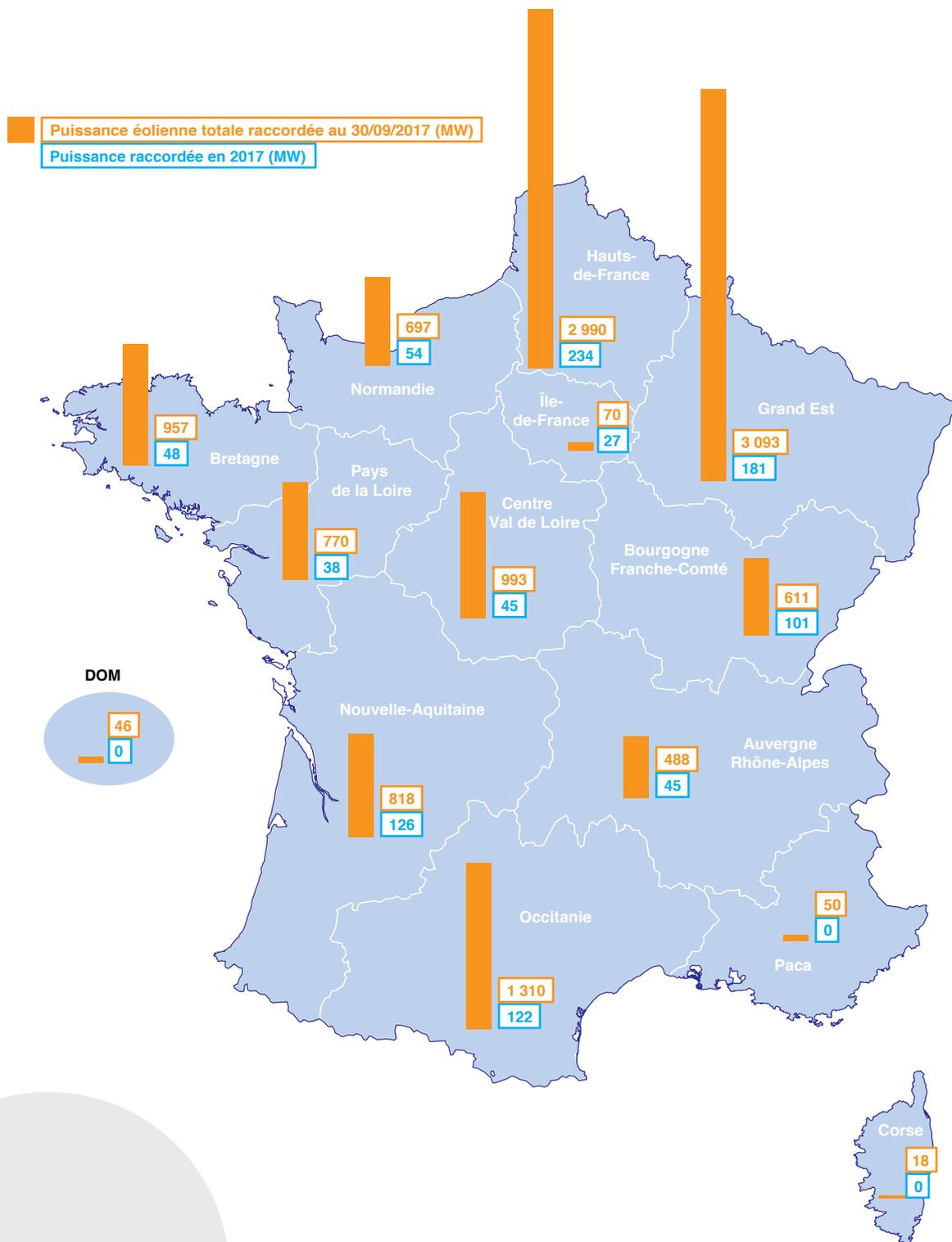
Un appel d'offres expérimental bitechnologie

En décembre 2017, le ministre de la Transition écologique et solidaire Nicolas Hulot a annoncé l'ouverture d'une procédure d'un genre nouveau. Cette expérimentation va porter sur le lancement d'un appel d'offres bitechnologie, qui va mettre en concurrence le photovoltaïque et l'éolien. Pour le ministère, l'objectif annoncé est d'évaluer la compétitivité relative des filières photovoltaïque au sol et éolien terrestre. L'appel d'offres va porter sur un volume total de 200 MW pour une capacité unitaire de projet qui devra être comprise entre 5 et 18 MW. La sélection des projets se fera sur le seul critère économique et les dossiers retenus bénéficieront du mécanisme de complément de rémunération. Cette expérimentation se rapproche des appels d'offres technologiquement neutres que la Commission européenne souhaiterait voir se développer au sein des pays membres. Depuis juillet 2014, et la mise en place des nouvelles lignes directrices de Bruxelles pour le développement des énergies renouvelables, les appels d'offres ciblant telle ou telle technologie de production d'énergie renouvelable ne sont acceptés qu'à titre exceptionnel. La CRE avait avancé des réticences à développer des appels d'offres technologiquement neutres, arguant, en synthèse, qu'ils n'étaient pas le meilleur outil pour l'atteinte des objectifs de politique énergétique, notamment les objectifs différenciés par technologie que la France s'est fixés dans le cadre de la programmation pluriannuelle de l'énergie. L'évaluation de cette expérimentation permettra de concrètement identifier les bénéfices et les inconvénients.

Carte n° 1

Cartographie de la filière éolienne en France

Source : SDES 2017



La description de la dimension régionale de la filière est l'occasion de rappeler son rôle économique à l'échelon local. Avec l'éolien, une collectivité perçoit des revenus à plusieurs niveaux. D'une part sur le plan fiscal, avec la cotisation foncière des entreprises, la cotisation sur la valeur ajoutée des entreprises ou l'imposition forfaitaire sur les entreprises de réseaux. D'une façon générale, le bloc communal et le département reçoivent chacun du centre des impôts local une somme de l'ordre de 7 000 euros par MW installé et par an. Pour information, les éoliennes installées actuellement en France ont une puissance de 2 à 3 MW. La location des terrains est également une source de revenus. Elle est perçue par la commune, s'il s'agit d'un terrain communal, ou par le propriétaire du terrain, s'il s'agit d'un terrain privé. Les ordres de grandeur sont de 2 000 à 3 000 euros par MW et par an. L'éolien peut donc bien être un relais de croissance pour les territoires à condition d'être bien renseigné. Sur le sujet, il est utile de noter que l'association Amorce a réalisé plusieurs guides destinés à accompagner les collectivités tout au long d'un projet éolien qui se présente à elles ou qu'elles souhaitent elles-mêmes développer. Parmi ces documents figure notamment un guide sur les ressources fiscales pour les collectivités accueillant des parcs éoliens (voir la partie "Quelques sites pour aller plus loin").

venu compléter le cahier des charges des appels d'offres destinés aux projets de plus grande taille qui avait été révélé quelques jours auparavant.

En matière d'arrêté tarifaire, les projets éoliens bénéficieront d'un tarif de base de 72 €/MWh pour les turbines dotées d'un rotor de 100 mètres, avec une prime de gestion fixée à 2,8 €/MWh. Ces contrats auront une durée de vingt ans. Pour ce qui est des appels d'offres, le calendrier de la Commission de régulation de l'énergie prévoit six sessions sur deux ans de 500 MW chacune. Avec un premier round qui s'est clôturé en novembre 2017. L'ensemble de ces appels d'offres devrait permettre la mise en place de 3 GW de projets éoliens d'ici juin 2020.

Si, dans l'ensemble, les professionnels du secteur français de l'éolien ont bien accueilli ces annonces qui leur ouvrent une fenêtre de visibilité pour les années à venir, ils n'en oublient pas pour autant qu'il existe encore de nombreux obstacles qui ralentissent la filière. Parmi les principales barrières figurent la durée de mise en place d'un parc, qui prend entre sept et dix ans en France contre trois à quatre ans en Allemagne, les recours systématiques contre les chantiers ou les lenteurs administratives. Depuis des années, les professionnels du secteur réclament des mesures aux pouvoirs publics et les avancées amenées par la loi Brottes non pas réglé tous les problèmes. C'est dans cette optique qu'un groupe de travail pour simplifier et consolider les règles dans l'éolien a été mis en place en octobre 2017. Les travaux ont eu pour axe central la simplification du déploiement de la filière au travers de cinq thématiques : la simplification des procédures, la protection des paysages, l'éolien en mer, la fiscalité et le repowering. La mission

UNE CROISSANCE À RENFORCER

Au-delà des bons résultats des premiers mois de 2017, l'année a également vu la mise en place définitive du cadre réglementaire complet pour la filière. Au mois de mai, la publication de l'arrêté tarifaire de complément de rémunération pour les parcs éoliens de moins de 6 turbines et de 3 MW maximum par machine est

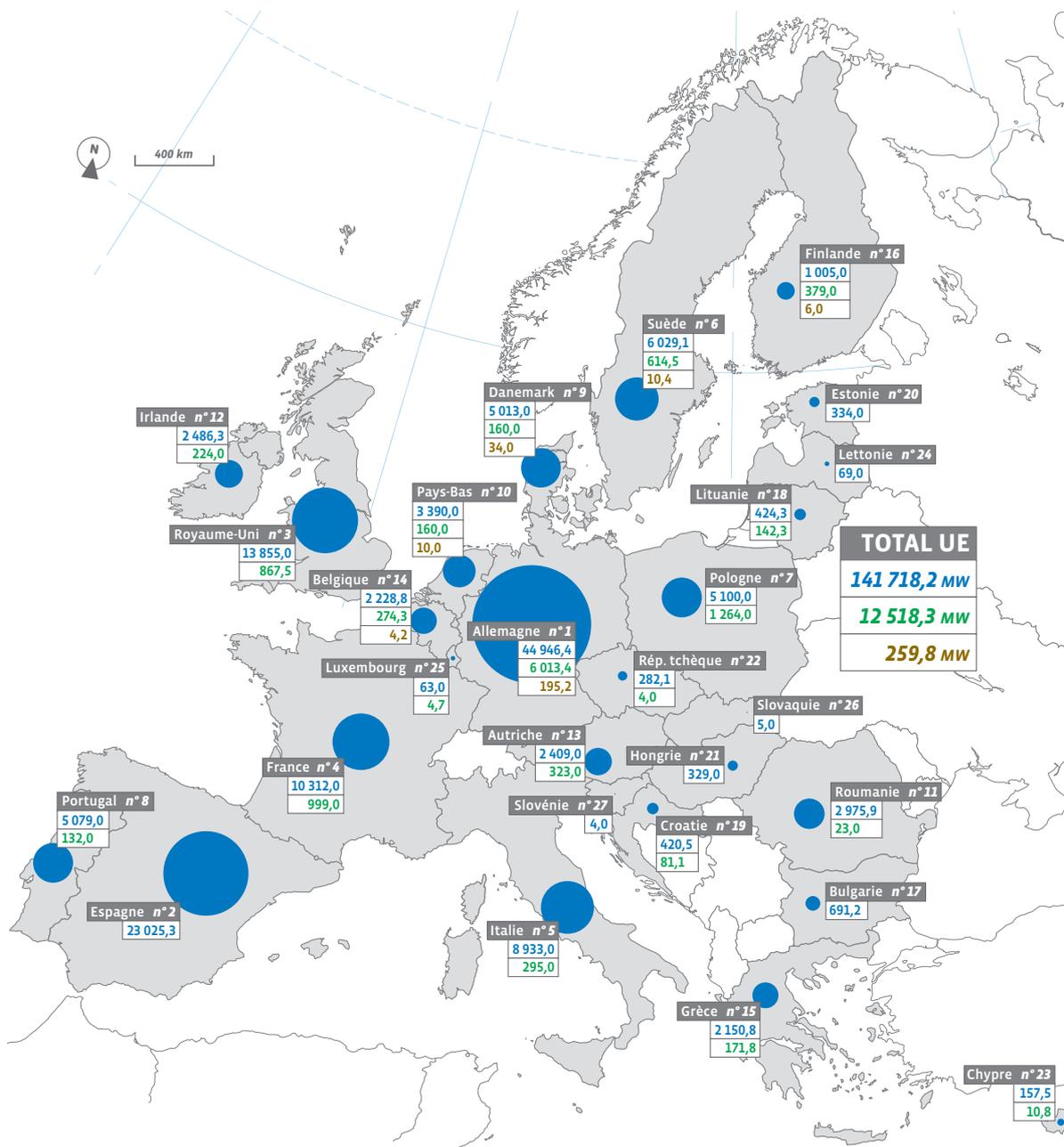
Observ'ER

Le Baromètre 2017
des énergies renouvelables
électriques en France

Carte n° 2

Puissance éolienne installée dans l'Union européenne à fin 2015 (en MW)

Source : EurObserv'ER 2016



141 718,2 Puissance cumulée installée dans les pays de l'Union européenne à fin 2015 (en MW)

12 518,3 Puissance installée durant l'année 2015 dans les pays de l'Union européenne (en MW)

259,8 Puissance mise hors service durant l'année 2015 (en MW)

*Départements d'outre-mer non inclus pour la France.

Observ'ER

Le Baromètre 2017
des énergies renouvelables
électriques en France

de ce groupe s'est achevée le 30 novembre 2017 avec la remise d'une liste de mesures au gouvernement dont l'arbitrage devrait arriver en janvier 2018.

Parmi les différents sujets traités, celui sur la fiscalité figurait en bonne place. Les échanges ont porté sur une refonte de la taxe Ifer (imposition forfaitaire pour les entreprises de réseaux), qui est perçue par les collectivités qui hébergent des éoliennes sur leur territoire. Cette taxe est aujourd'hui versée aux communautés d'agglomération et non aux communes. Selon une étude d'Amorce et de l'Ademe, une éolienne de 2 MW rapporte annuellement près de 20 000 euros aux collectivités territoriales. Au niveau national, c'est plus de 100 millions d'euros qui sont versés aux territoires. L'objectif serait d'aller vers une

meilleure répartition de l'intéressement fiscal en donnant une part directement aux communes. Il reste à préciser les modalités pratiques pour y parvenir.

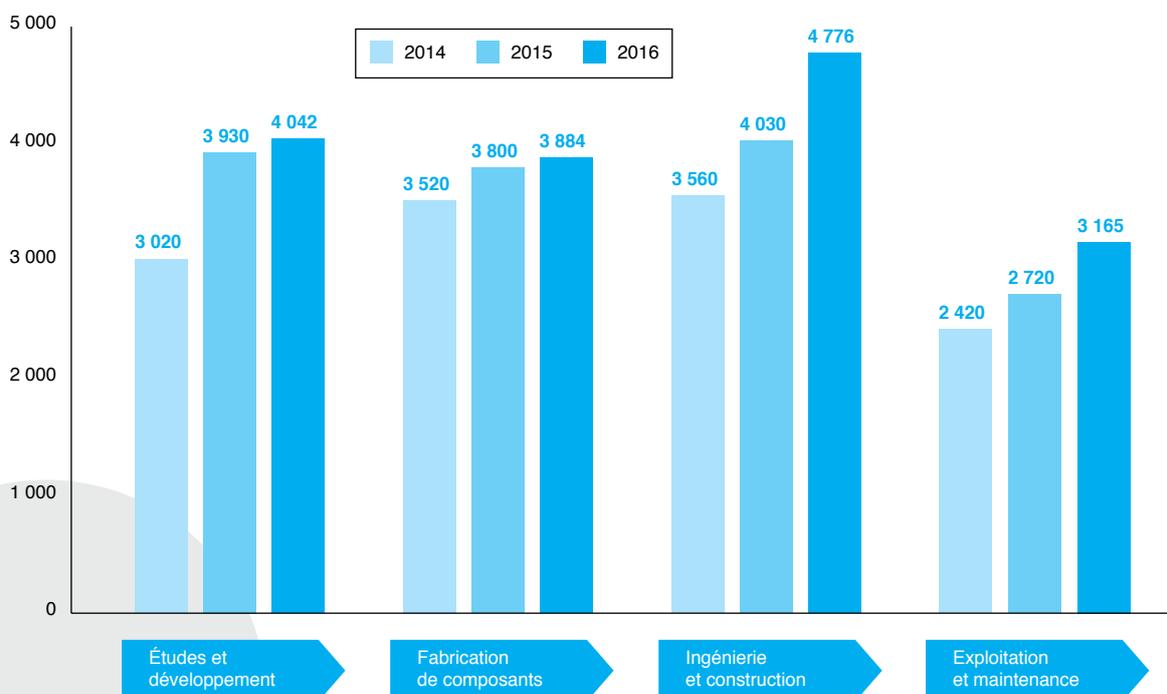
Autre point abordé, celui du renouvellement des parcs arrivés en fin de contrat d'achat, avec la mise en place d'une procédure simplifiée pour les prolonger. Sur ce point, la procédure devrait s'orienter vers un traitement au cas par cas plutôt qu'une étude d'impact systématique. Là aussi les modalités restent à préciser. Sur le cadre réglementaire, l'objectif est naturellement de parvenir à réduire significativement le temps de réalisation des projets. Deux pistes ont été travaillées : l'amélioration de la procédure d'autorisation unique, en supprimant



Graphique n° 2

Dynamique de l'emploi dans l'éolien sur la chaîne de valeur

Source : FEE - BearingPoint, 2017



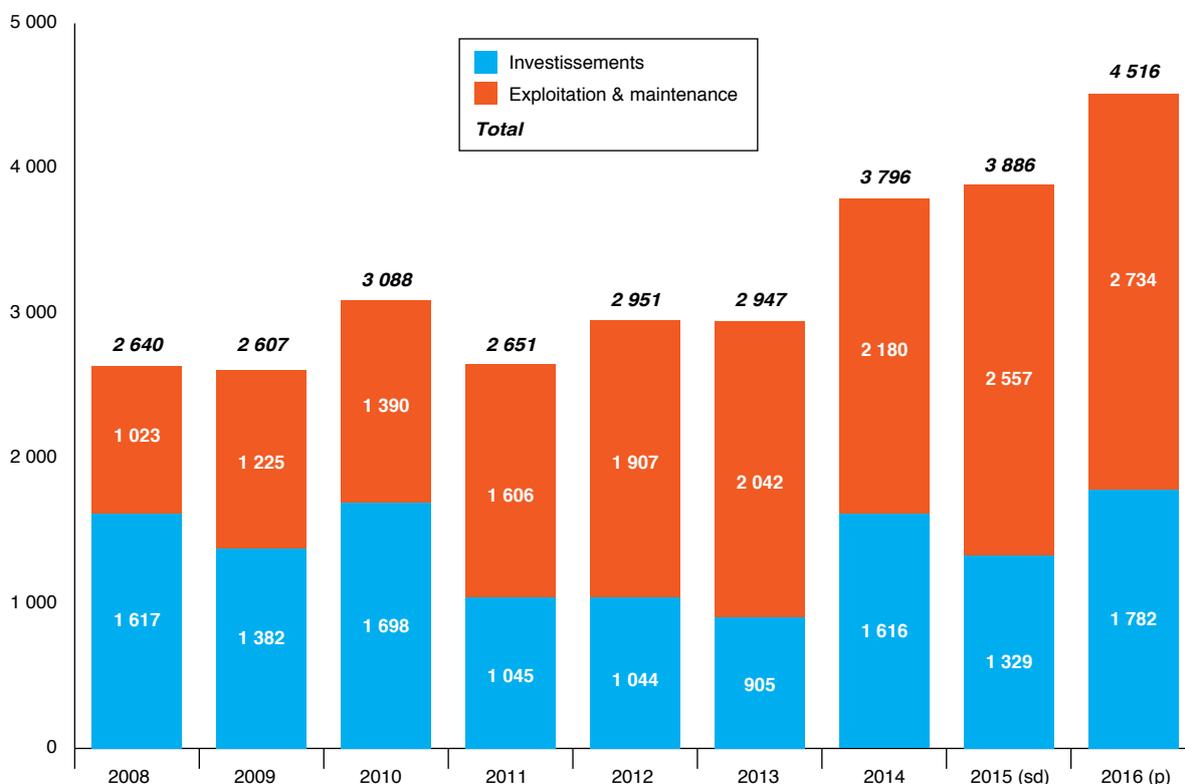
Observ'ER

Le Baromètre 2017
des énergies renouvelables
électriques en France

Graphique n° 3

Chiffres d'affaires dans le secteur de l'éolien en France (en millions d'euros)¹

Source : « Marché et emplois dans le domaine des énergies renouvelables », Ademe juillet 2017



(e) : estimé, (p) : prévisionnel

1. Le chiffre d'affaires lié aux exportations d'équipements et d'ingénierie est inclus dans la catégorie exploitation & maintenance.

notamment les divergences d'interprétation entre les différentes régions quant à la façon dont sont traités les dossiers, et la réduction des délais d'instruction des recours. Sur ce dernier point, l'idée serait de confier une compétence directe aux cours administratifs d'appel (CAA) pour le traitement des contentieux éoliens, comme c'est déjà le cas pour l'éolien offshore.

PRÈS DE 16 000 EMPLOIS FIN 2016

En parallèle aux MW installés et à l'énergie délivrée, l'éolien français, ce sont aussi des

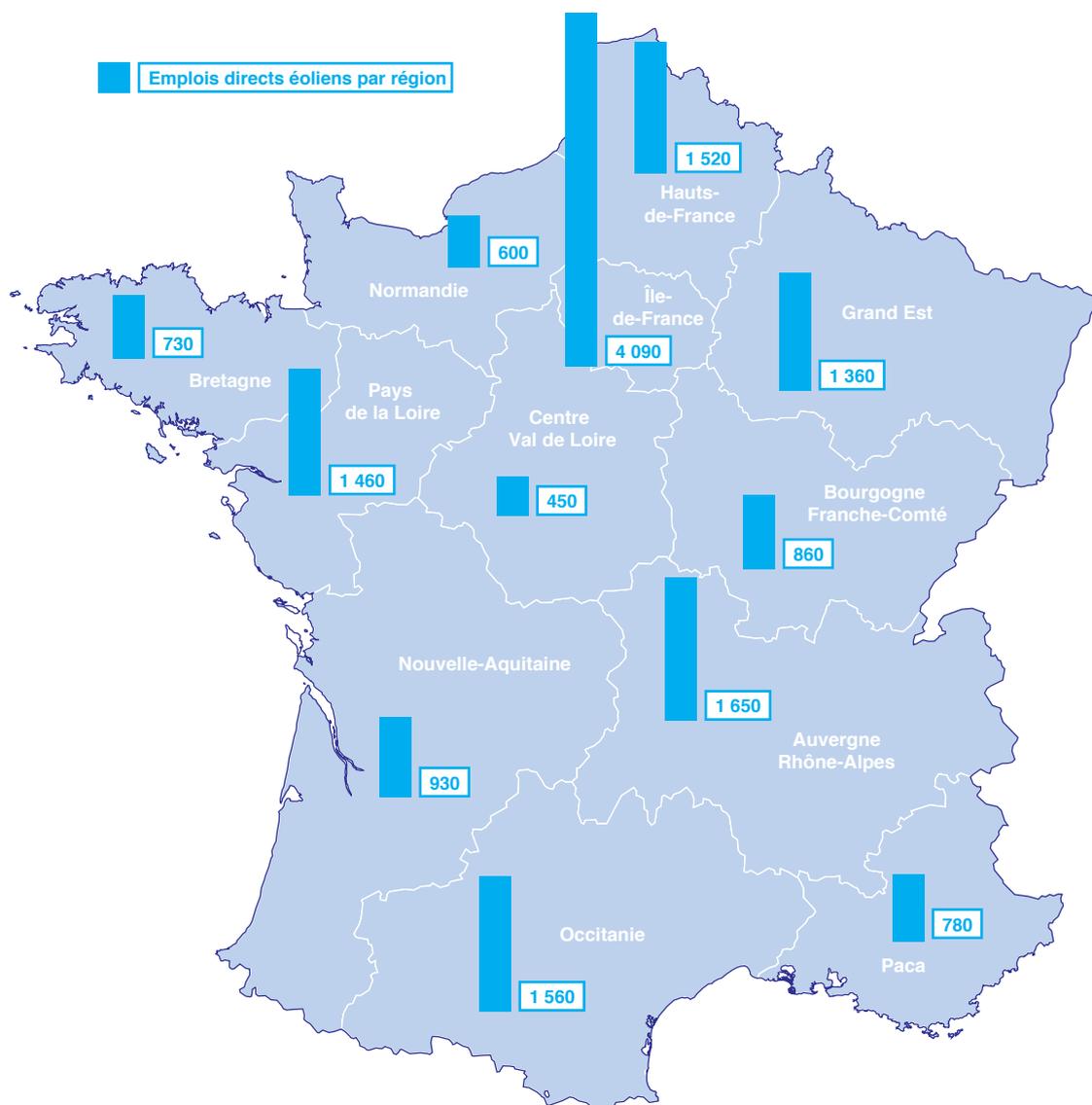
emplois et de l'activité économique. Selon le syndicat France Énergie Éolienne (FEE), la filière a représenté en 2016 un total de 15 990 emplois directs équivalents temps plein. Plus de 1 500 postes auraient été créés en 2016 et, depuis 2014, les effectifs ont progressé de près de 28 %.

Ces emplois sont répartis de façon assez équilibrée sur l'ensemble de la chaîne de valeur, qui va de la fabrication des composants (mâts, rotors, systèmes de frein, pales, nacelles, composants électriques, électro-

Carte n° 2

Répartition régionale de l'emploi éolien en 2016

Source : FEE - BearingPoint 2017



nique de puissance) à l'aménagement des sites ou à la connexion au réseau électrique. Ce sont les secteurs de l'ingénierie et de la construction qui enregistrent les augmentations les plus significatives, avec une hausse de près de 35 % de leurs effectifs en deux ans. Ainsi, le mouvement observé depuis 2014 d'un glissement des emplois des secteurs de l'étude et développement vers les

activités industrielles se confirme. En terme de chiffres d'affaires, la filière est évaluée à 4 516 millions d'euros en 2016, un chiffre en constante croissance depuis 2013.

La carte n° 2 montre la répartition des emplois sur le territoire métropolitain. Les grands bassins traditionnels d'emplois (Île-

Observ'ER

Le Baromètre 2017
des énergies renouvelables
électriques en France

de-France, Rhône-Alpes, Hauts-de-France) regroupent un peu moins de 50 % des postes de la filière.

La répartition est logiquement corrélée à l'activité industrielle des différentes régions, mais elle est également marquée par un effet "sièges sociaux" avec une concentration d'emplois administratifs et de direction en Île-de-France. En Auvergne Rhône-Alpes, ce sont les activités industrielles de fabrication de composants qui sont les plus représentées (environ 45 % des emplois). Dans le nord du pays (Hauts-de-France), ce sont les activités d'ingénierie et l'exploitation des parcs qui comptent le plus.

Outre les retombées directes de l'activité économique de la filière, l'éolien génère des gains environnementaux, sanitaires et sociaux qui doivent également être pris en compte. Ainsi, en septembre 2017, l'Ademe a publié une étude complète¹ sur la filière éolienne française qui devrait éclairer les discussions sur les objectifs en matière de développement de cette énergie renouvelable. Elle y évalue les gains environnementaux, économiques et sociaux du développement de l'énergie éolienne en France et ses conclusions sont très positives. Le développement de l'éolien a des bénéfices environnementaux et sanitaires importants qui, si on les monétarise, représentent un gain estimé pour la collectivité

Quelques sites pour aller plus loin :

- ✓ Les pages dédiées à la filière sur le site de l'Ademe : www.ademe.fr
- ✓ www.enr.fr
- ✓ www.fee.asso.fr
- ✓ www.amorce.asso.fr
- ✓ www.journal-eolien.org

de l'ordre de 3,1 à 8,8 milliards d'euros. Ces gains dépassent le coût de la politique de soutien à la filière, qui est estimé à 900 millions d'euros en 2018 au titre des charges au service public de l'énergie. Ainsi, en réduisant les importations en combustibles fossiles et fissiles, l'éolien contribue à renforcer l'indépendance énergétique de la France tout en ayant permis d'éviter l'émission de 63 millions de tonnes de CO₂ équivalent entre 2002 et 2015. L'Ademe chiffre également les émissions évitées de polluants atmosphériques, comme le SO₂ (127 000 tonnes évitées), les NOx (112 000 tonnes évitées) et les particules fines (3 300 tonnes évitées pour les PM_{2,5} et 5 300 pour les PM₁₀). ●

1. "Étude sur la filière éolienne française. Bilan, prospective, stratégie", Ademe, 2017.



3 QUESTIONS

de l'Observatoire
des énergies renouvelables



à **Marion Lettry**,
déléguée générale
adjointe du Syndicat
des énergies
renouvelables (SER)
en charge des filières
électriques

1 Quel est l'état d'esprit des professionnels du secteur vis-à-vis du cadre économique qui a été définitivement posé en 2017 ?

Les annonces faites en 2017 sur l'arrêté tarifaire et les conditions des appels d'offres ont satisfait les professionnels du secteur car elles ont stabilisé son cadre économique. Cela a été une satisfaction car certains points étaient loin d'être acquis. Ainsi, la procédure de guichet ouvert pour des installations de maximum six machines est une exception française au sein de l'Union européenne. Pour obtenir cela, il a fallu débattre longuement avec la Commission européenne, mais il était important de maintenir cette option de guichet ouvert pour que les plus petits acteurs continuent d'avoir accès au marché. Du côté des appels d'offres, la cession qui s'est ouverte en mai 2017, et qui s'est clôturée le 1^{er} décembre, est la première du genre pour le secteur éolien français. Les professionnels vont se familiariser avec cette nouvelle procédure. Les premiers enseignements seront tirés dès les résultats, qui devraient normale-

ment arriver au cours du premier trimestre 2018. Le prochain grand rendez-vous sera celui de l'annonce de la nouvelle programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE). De notre côté, nous préconisons un objectif de 40 GW pour l'éolien terrestre à fin 2030, ce qui devrait porter la filière à une part de 16 % de la production d'électricité nationale à cet horizon.

2 Quel premier bilan tirer des propositions du groupe de travail sur l'éolien qui s'est clôturé fin novembre 2017 ?

Sur ce point, la profession est également satisfaite. Le groupe de travail a identifié des mesures concrètes sur un ensemble d'obstacles et, pour une bonne part, ces mesures sont issues de propositions du secteur. Les avancées, si ces mesures se concrétisent, seront significatives principalement sur trois axes : un raccourcissement du délai de traitement des contentieux, une réforme de la fiscalité locale pour que les communes qui accueillent les sites éoliens puissent davantage profiter des retombées financières des taxes¹ et une simplification des procédures administratives autour des parcs éoliens offshore avec, notamment, une réaffirmation du principe du permis enveloppe².

1. Ces deux points sont davantage présentés dans la fiche thématique éolienne de ce baromètre.
2. Ce point est davantage présenté dans la fiche thématique des énergies marines de ce baromètre.



Sur le thème des contraintes aéronautiques et militaires, les acteurs de la filière n'étaient pas conviés aux ateliers de travail, qui ont davantage impliqué les différents ministères concernés. Nous découvrirons les conclusions et les mesures proposées lors des annonces qui seront faites par le gouvernement.

3 Quelles observations faites-vous sur la dynamique du financement participatif sur des projets éoliens aujourd'hui en France ?

C'est indéniablement un phénomène qui prend de l'ampleur. Le mouvement s'est accéléré grâce aux appels d'offres faits dans le domaine du photovoltaïque au cours des douze derniers mois et il arrive désormais dans l'éolien. Pour ce secteur, le cadre général qui avait été posé initialement était à revoir car il prévoyait une part de financement citoyen qui pouvait aller de 20 à 40 % de l'investissement total des parcs. Ramené à la taille moyenne des parcs qui passent par la procédure d'appels d'offres, cela représentait quelques dizaines de millions d'euros qu'il aurait été difficile de réunir. La DGEC a revu sa position et ces critères vont évoluer. Nous devons être alors avec une part de 10 % du montant des investissements, un niveau nettement plus réalisable. ●

Ferme photovoltaïque de
Sainte-Anne à La Réunion.

CHIFFRES CLÉS

Puissance à fin septembre 2017

7 686 MW

Production d'électricité en 2016

8,3 TWh

Objectif à fin 2018

10 200 MW

Objectif à fin 2023

**18 200 –
20 200 MW**

Emplois directs dans la filière fin 2016

5 700

Chiffre d'affaires dans la filière en 2016

**3 861
millions d'euros**

L'année 2016 avait terminé sur des chiffres de raccordement annuels assez faibles mais un optimisme revigoré. 2017 n'est cependant pas une année qui se démarque, puisque de janvier à septembre 484 MW ont été raccordés, pour 465 à la même période en 2016. Néanmoins, le marché du photovoltaïque se caractérise par un regain de connexions sur le secteur du résidentiel, et les politiques d'appels d'offres commencent tout juste à porter leurs fruits.

22

FILIÈRE PHOTOVOLTAÏQUE

Observ'ER

Le Baromètre 2017
des énergies renouvelables
électriques en France

UN TAUX DE RACCORDEMENT DÉCEVANT AU PREMIER SEMESTRE 2017

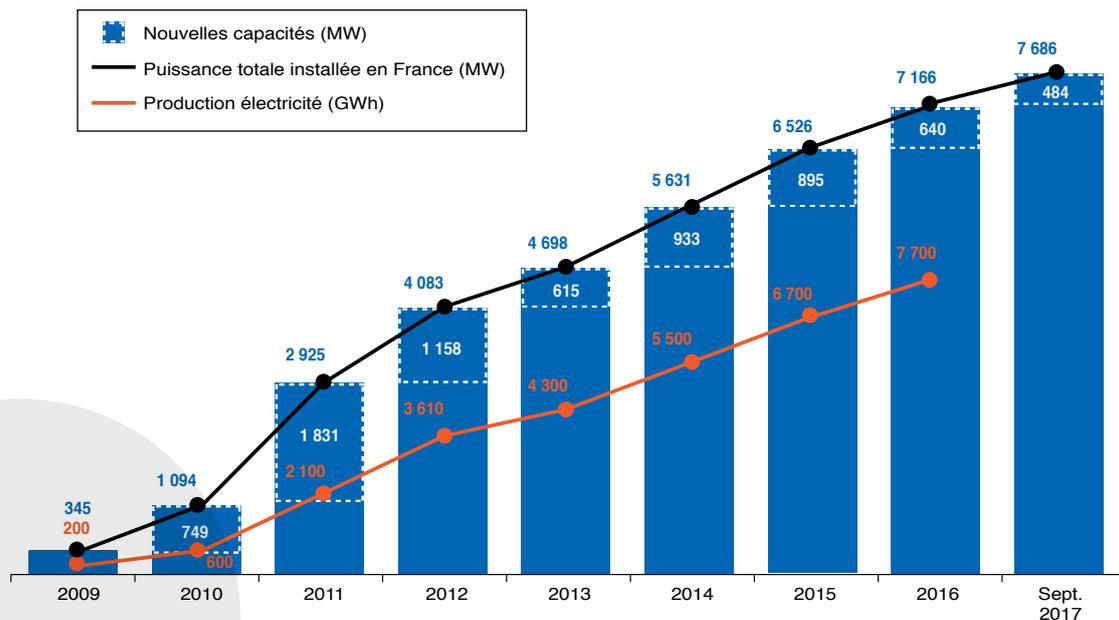
En septembre 2017, le photovoltaïque représentait 7 686 MW installés en France. Depuis 2014, la capacité annuelle installée décroît. En effet, cette année-là, le gigawatt installé était presque atteint, avec 933 MW de nouvelles capacités (voir graphique n° 2). En 2016, seuls 640 MW ont été installés et, au premier semestre 2017, 233 MW. Ce trimestre se caractérise par un très faible taux d'installation (78 MW). Ce constat entre en contradiction avec les projections faites l'année précédente. En effet, il était attendu que si les MW raccordés en 2016 étaient faibles, l'année 2017 profiterait d'évolutions réglementaires qui se concrétiseraient par des installations. Néanmoins, deux dynamiques de croissance sont à surveiller pour rester opti-

miste. Comme le montre le graphique n° 2, les installations de plus d'1 MW ont connu un pic au deuxième trimestre 2017, avec 135 MW raccordés. Il s'agit de la plus haute valeur depuis le troisième trimestre 2015, qui avait été marqué par le raccordement d'une centrale de 230 MW. Ce pic peut s'expliquer par la date limite de raccordement imposée aux projets lauréats de l'appel d'offres CRE 3 fixée à décembre 2017. En effet, les porteurs de projets tendent à attendre les dates buttoir pour concrétiser leurs projets, afin de profiter de la baisse des coûts des matériaux photovoltaïques. La deuxième dynamique concerne les installations domestiques de moins de 9 kW, bien qu'elle ait peu d'impact sur les chiffres

Graphique n° 1

Parc total photovoltaïque et production d'électricité annuelle en France

Source : Observ'ER d'après les chiffres du SDES



Observ'ER

Le Baromètre 2017
des énergies renouvelables
électriques en France

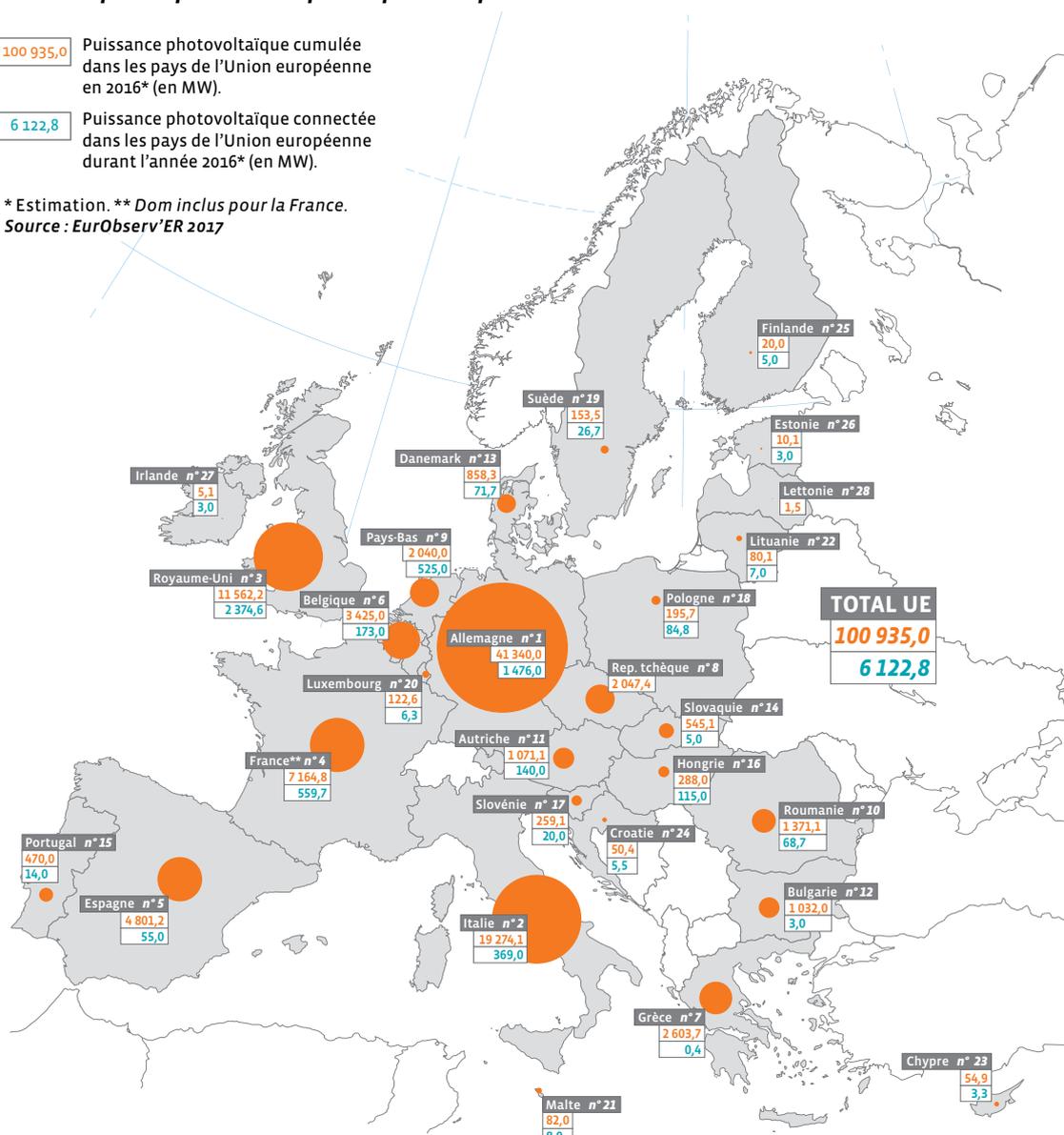
Le marché photovoltaïque européen

En 2016, le marché photovoltaïque européen a été en nette diminution puisque 6,1 GW supplémentaires ont été installés contre plus de 7,9 GW en 2015, soit un recul de 22 %. À fin 2016, le parc total européen était de 100,9 GW pour une production de 105 TWh. Comme en 2015, le Royaume-Uni est resté le pays le plus actif, avec 2,3 GW de puissance supplémentaire raccordée en 2016. L'Allemagne s'est placée en deuxième position sur le plan de la puissance annuelle raccordée (+ 1,4 GW, un chiffre très proche de celui de 2015) mais reste le premier pays pour ce qui est de la puissance totale (41,3 GW). La France occupe le troisième rang en terme de puissance annuelle raccordée en 2016 et occupe la quatrième place pour le parc total.

100 935,0 Puissance photovoltaïque cumulée dans les pays de l'Union européenne en 2016* (en MW).

6 122,8 Puissance photovoltaïque connectée dans les pays de l'Union européenne durant l'année 2016* (en MW).

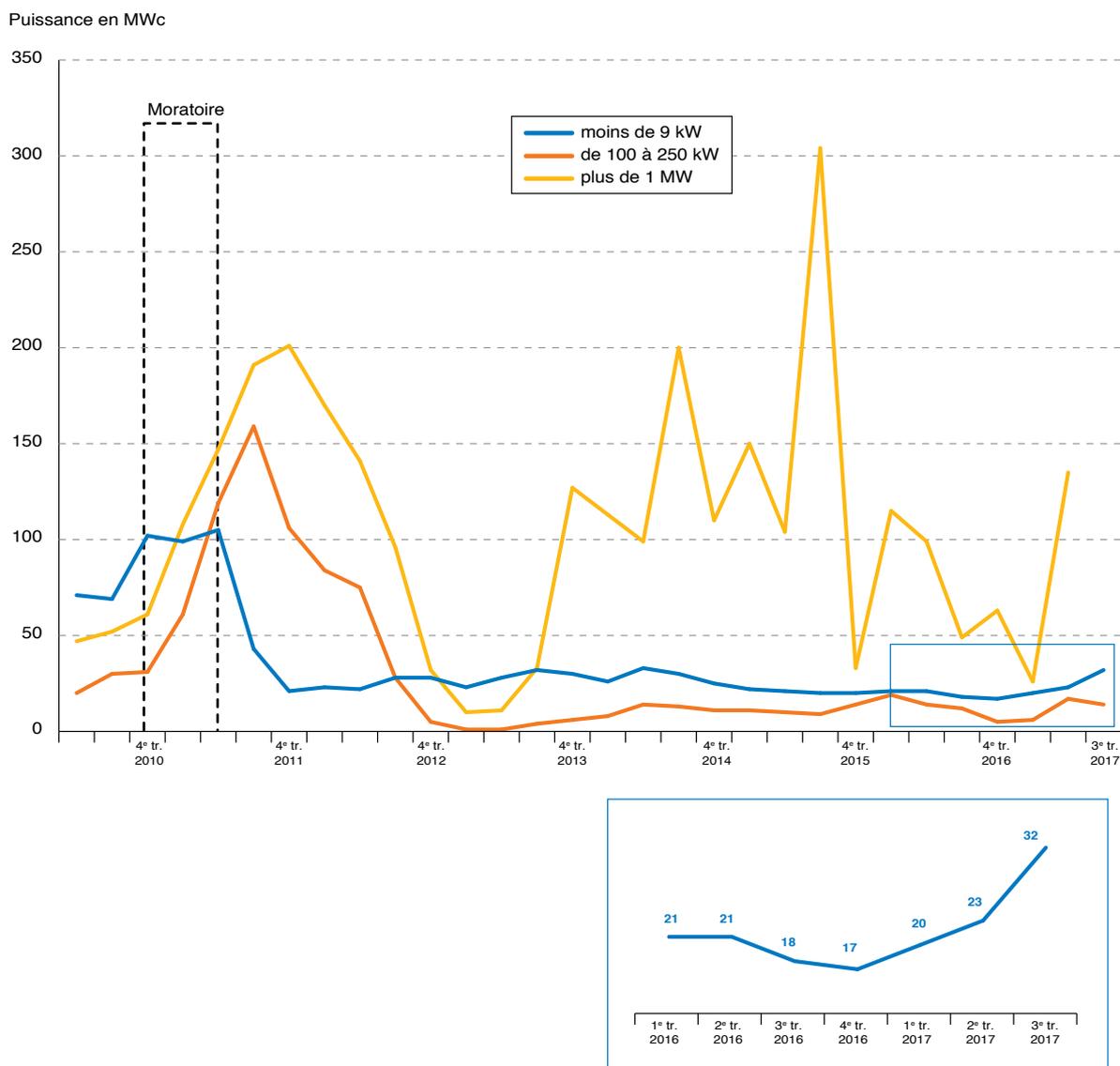
* Estimation. ** Dom inclus pour la France.
Source : EurObserv'ER 2017



Graphique n° 2

Évolution des puissances raccordées par trimestre sur trois segments de marché (en MW)

Source : Observ'ER d'après les chiffres du SDES



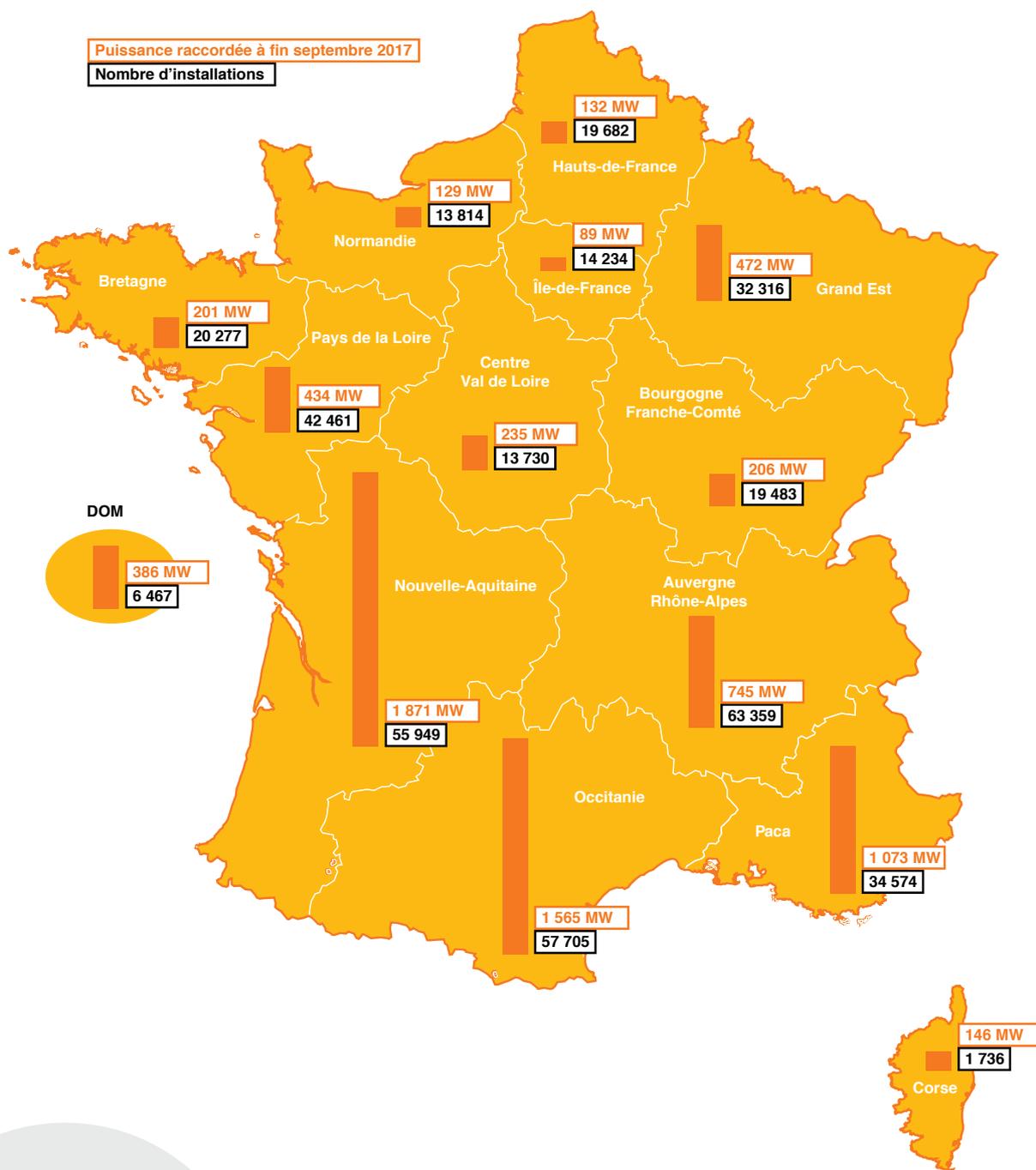
totaux de la filière. 23 MW ont été raccordés sur ce segment au deuxième trimestre 2017, une valeur qui n'avait pas été atteinte depuis le quatrième trimestre 2014. L'inversion de cette courbe de raccordement est d'autant plus visible après le creux du quatrième trimestre 2016 et ses 17 MW raccordés. Cette relance peut traduire la mise en place de projets particuliers en autocon-

sommation. Cette dernière s'est accélérée à partir du mois d'avril 2017, suite à la publication d'un décret fixant des règles précises, accompagnée par de nombreux articles de presse généraliste sur le sujet. C'est la région Nouvelle-Aquitaine qui possède le plus grand nombre de mégawatts

Carte n° 1

Cartographie du photovoltaïque en France à fin septembre 2017

Source : Observ'ER d'après chiffres SDES 2017



raccordés (1 871 MW), suivie de l'Occitanie (1 565 MW) et de la Provence-Alpes-Côte d'Azur (1 073 MW). Néanmoins, c'est la région Auvergne-Rhône-Alpes qui compte le plus d'installations (63 359), suivie par l'Occitanie (57 705). Cela traduit l'appétence pour les grandes centrales des trois premières régions citées, et un développement plus important des installations sur toiture, souvent plus petites, pour Auvergne-Rhône-Alpes. Enfin, sur l'année, Paca enregistre une augmentation de 15 % de son parc photovoltaïque, loin devant l'Occitanie et la Nouvelle-Aquitaine (10 %).

UN ENVIRONNEMENT RÉGLEMENTAIRE ET ÉCONOMIQUE FAVORABLE

Malgré ces faibles chiffres de raccordement, le développement du photovoltaïque est désormais pavé par des objectifs et des réglementations qui agissent comme accélérateurs de la filière. Par ailleurs, les professionnels restent satisfaits de la visibilité à moyen terme que ces textes leur procurent. La programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) de novembre 2016 vise 10 200 MW installés en 2018 et entre 18 200 MW et 20 200 MW installés en 2023. Au troisième trimestre 2017, elle laisse donc dix-huit mois au pays pour installer 2,8 GW. Pour atteindre la fourchette haute de l'ambition de 2023, il faudra un rythme de 2,5 GW annuels. Par ailleurs, des travaux de révision de la PPE ont commencé fin 2017 pour un nouveau texte en 2018. Ces textes fixeront de nouveaux objectifs énergétiques pour les périodes 2019-2023 et 2024-2029. Cette dynamique doit rester stimulante et les messages doivent être clairs, afin de dynamiser la filière et de consolider le réseau national des professionnels du photovoltaïque.

Pour concrétiser cet objectif, le gouvernement a mis en place un calendrier d'appels

d'offres qui court jusqu'à 2020. Il existe ainsi plusieurs types d'appels d'offres concernant le solaire (voir tableau n° 1).

Parmi ces appels d'offres, certains se concentrent sur les très grandes installations au sol, tandis que d'autres sont mis en place pour favoriser l'utilisation de photovoltaïque sur les grandes toitures. Deux d'entre eux sont réservés au déploiement du photovoltaïque dans les zones non interconnectées. Celui du 14 mars 2017 se veut un accélérateur d'innovations et, enfin, les appels d'offres en autoconsommation sont ouverts à toute technologie, mais force est de constater que seule l'autoconsommation photovoltaïque est pour l'instant présentée et sélectionnée. Le total de capacité appelée de ces appels d'offres est de 5 080 MW. Il faut souligner que ces puissances peuvent être complétées par des appels d'offres régionaux. Au-delà de 500 kW, tous les projets retenus dans le cadre des appels d'offres sont ensuite soumis au dispositif du complément de rémunération.

Autre soutien à la filière, de nouveaux tarifs et subventions ont été publiés le 9 mai 2017 et réorientent la stratégie nationale de déploiement vers les installations résidentielles. Deux points sont particulièrement visibles : la fin programmée des installations en intégré au bâti et le soutien économique à l'autoconsommation. Pour rappel, pour ces petites installations, le dispositif de soutien reste celui des contrats d'achat garantis. Jusqu'à mai 2017, ces tarifs étaient bonifiés en cas d'installations intégrées au bâti, généralement en remplacement d'un élément de la toiture.

Initialement, l'objectif était de faire émerger une filière d'excellence, de savoir-

PHOTOVOLTAÏQUE

Tableau n° 1

Échéancier des appels d'offres photovoltaïques

Source : Observ'ER d'après le site Internet de la Commission de régulation de l'énergie

Date de publication de l'AO	Segment appelé	Puissance appelée	Tranche								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
24 août 2016	Centrales au sol (500 kW et 17 MW).	500 MW	03/02 2017	01/06 2017	01/12 2017	01/06 2018	03/12 2018	03/06 2019			
9 septembre 2016	Centrales sur bâtiments, serres et hangar agricoles et ombrières de parking (100 kW – 8 MW)	150 MW	10/03 2017	07/07 2017	06/11 2017	09/03 2018	06/03 2018	05/11 2018	08/03 2019	05/07 2019	04/11 2019
16 décembre 2016	Autoconsommation en ZNI (100 – 500 kW)	20 MW	16/06 2017								
	Production d'électricité à partir du rayonnement solaire en ZNI (> 100 kW)	50 MW	16/06 2017								
14 mars 2017	Installation de production d'électricité innovante à partir d'énergie solaire	70 MW	02/10 2017	01/10 2018	30/09 2019						
24 mars 2017	Installation de production d'électricité en autoconsommation (100 – 500 kW)	50 MW	25/09 2017	22/01 2018	22/05 2018	24/09 2018	21/01 2019	20/05 2019	23/09 2019	20/01 2020	18/05 2020

PHOTOVOLTAÏQUE

faire national et des équipements pour ensuite développer ce type de réalisations à l'export. Les résultats n'ont cependant pas été au rendez-vous. Des coûts d'installations plus élevés, de nombreux sinistres dus à des mauvaises installations des panneaux qui n'assuraient pas l'étanchéité du bâtiment, les problèmes ont été nombreux et le gouvernement a décidé de tourner la page. L'électricité photovoltaïque sera vendue au même prix, qu'elle provienne d'installations en surimposé ou en intégré au bâti. Seul un léger bonus, dégressif et voué à disparaître en six trimestres, accompagne encore l'intégré, afin que la transition se fasse en douceur. L'intégré au bâti devrait ainsi rester cantonné au marché des maisons en construction, le surimposé devenant la référence pour les bâtiments déjà existants.

L'autoconsommation est désormais le modèle mis en avant pour apporter un surplus de dynamisme au développement de la filière. Une prime est versée

aux personnes ayant recours à ce modèle. Elle est dégressive en fonction de la taille de l'installation et va de 390 €/kW à 90 €/kW. De plus, l'autoconsommation peut se faire de manière totale, c'est-à-dire que toute l'électricité produite est consommée ou bien le surplus est injecté. Dans ce cas, lorsque de l'électricité produite n'est pas consommée sur place, elle peut être injectée dans le réseau, moyennement un prix de rachat fixé à 10 c€/kWh pour les installations de moins de 9 kW et à 6 c€/kW pour les installations entre 9 et 100 kW. Le tableau n° 3 décrit l'évolution des primes et prix de revente de l'électricité. Ces deux paramètres sont dégressifs avec le temps et en fonction de la taille de l'installation. La rémunération de l'électricité est fixée de telle manière que le consommateur est incité à dimensionner son installation photovoltaïque pour que la production soit au plus près de la consommation.



Tableau n° 2

Prime et prix de revente de l'électricité dans un projet d'autoconsommation

Source : DGEC 2017

	Prime à l'investissement, 11/05/17 - 30/06/17 (€/kW)	Prime à l'investissement 01/07/17 - 31/12/17 (€/kW)	Rémunération de l'électricité injectée (c€/kWh)
≤ 3 kW	400	390	10
≤ 9 kW	300	290	10
≤ 36 kW	200	190	6
≤ 100 kW	100	90	6
> 100 kW	0	0	0

29

Observ'ER

Le Baromètre 2017
des énergies renouvelables
électriques en France

L'EMPLOI ET LE CHIFFRE D'AFFAIRES ONT DIMINUÉ EN 2016

Dans son étude annuelle « Marchés et emplois dans le domaine des énergies renouvelables », l'Ademe évalue l'emploi du secteur photovoltaïque français à 5 700 personnes en 2016¹. Depuis 2010, où l'emploi était estimé à plus de 32 000 personnes, ce chiffre est en constante diminution. L'Ademe attribue cette chute à l'effondrement du marché des petites installations résidentielles (jusqu'à 9 kW) au profit des grandes installations. En effet, 1 MW installé sur des toitures résidentielles génère 18 emplois, alors qu'1 MW installé au sol n'en nécessite que 4.

Le chiffre d'affaires de la filière est également en diminution, mais dans des proportions moins importantes que le nombre d'emplois. L'activité récolte tout de même

les fruits de la réalisation des grandes installations photovoltaïques au sol.

DES INTERROGATIONS SUR L'EFFICACITÉ DU DISPOSITIF D'APPELS D'OFFRES

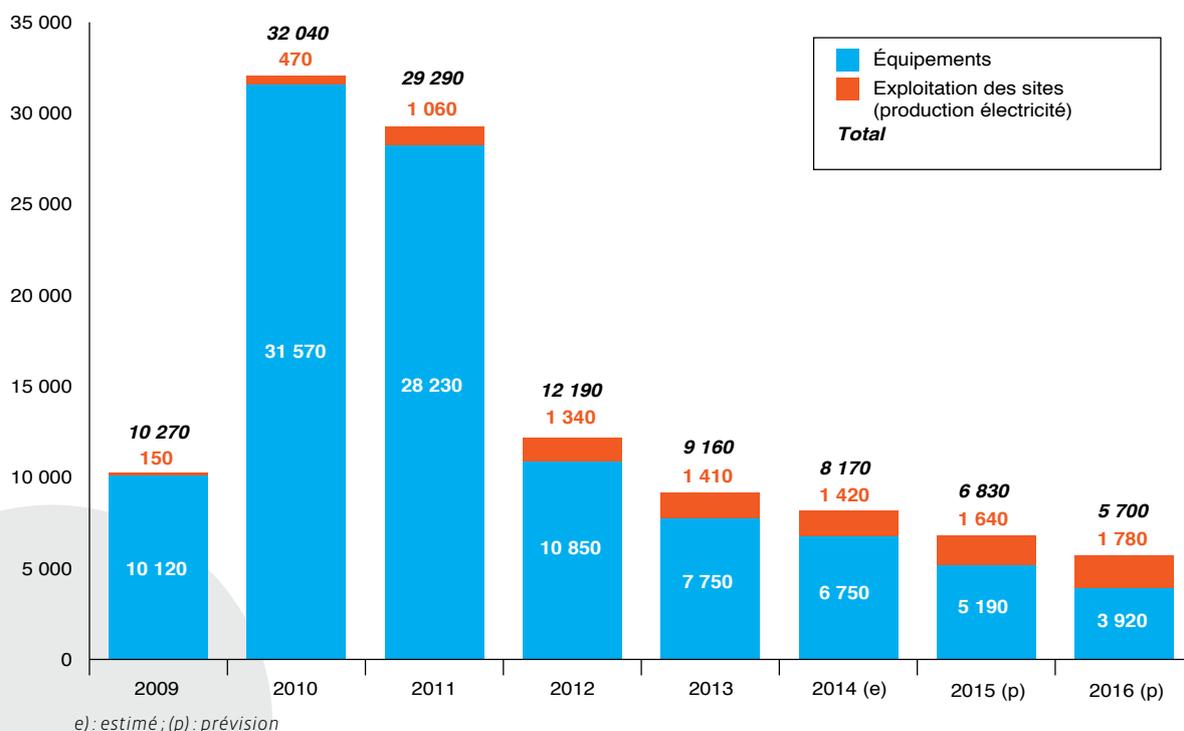
Si le développement du marché photovoltaïque français semble bien encadré par l'annonce des calendriers des appels d'offres, il n'en demeure pas moins que l'efficacité de ce dispositif pose question. En effet, pour être sélectionnés aux appels

¹. L'étude de l'Ademe est annuelle. Les chiffres des années précédentes ont été fortement revus à la baisse dans l'édition 2016. Ainsi, un an avant, le nombre d'emplois pour 2015 était de 8 227 alors qu'il est désormais annoncé à 6 720.

Graphique n° 3

Emplois dans la filière photovoltaïque française

Source : « Marché et emplois dans le domaine des énergies renouvelables », Ademe, juillet 2017



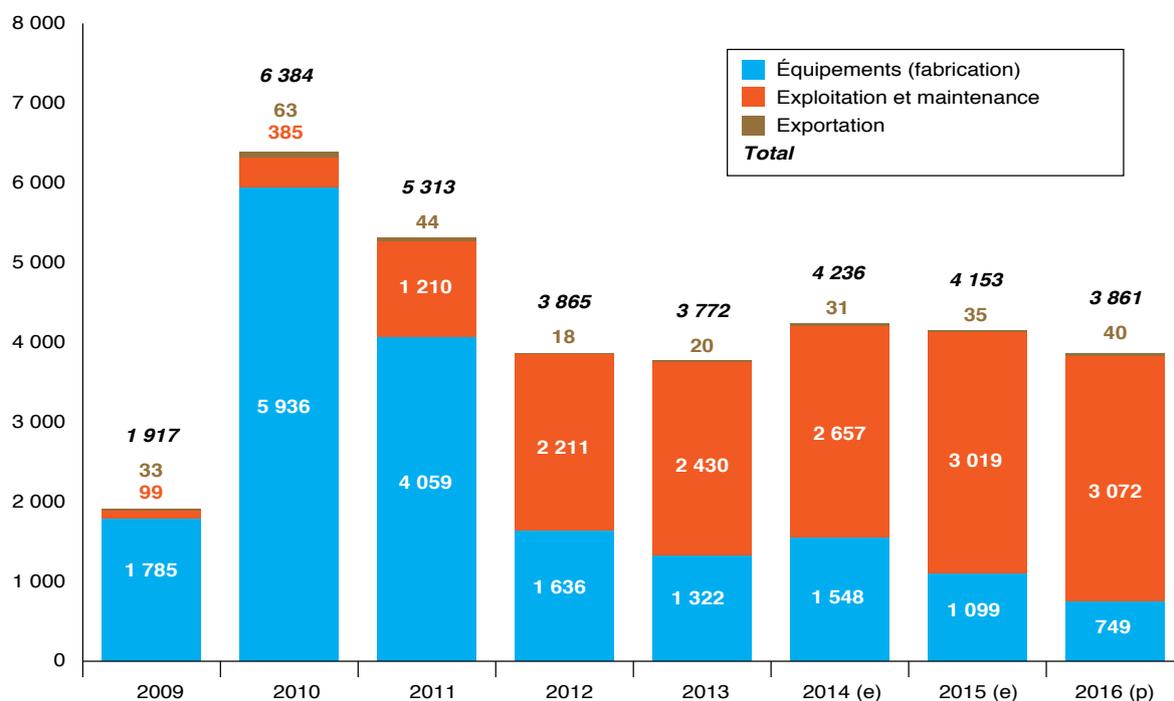
Observ'ER

Le Baromètre 2017
des énergies renouvelables
électriques en France

Graphique n° 4

Chiffre d'affaires de la filière photovoltaïque française en millions d'euros

Source : « Marché et emplois dans le domaine des énergies renouvelables », Ademe juillet 2017



(e) : estimé; (p) : prévision

d'offres, certains développeurs proposent des projets aux marges très serrées, voire trop serrées, comme peut le démontrer le taux d'abandon par la suite. Cela est particulièrement visible sur le segment des grandes toitures (100 – 250 kW), où, pour une seconde vague d'appels d'offres dont les projets étaient à raccorder avant le deuxième trimestre 2016, le taux d'abandon a été de 40 %, selon l'Observatoire de l'énergie solaire. Sur ce thème, une intéressante étude a été réalisée par le cabinet Finergreen, associé à Enerplan et France Territoire Solaire. Publié en novembre 2017 dans une version préliminaire, le travail a porté sur l'analyse des projets retenus lors de l'appel d'offres CRE 3 clôturé en décembre 2015, et qui avaient deux ans (jusqu'à décembre 2017) pour être mis en service.

Les résultats montrent que 5 % des projets ont été abandonnés et 20 % sont en suspens et pourraient ne jamais être réalisés. Dans bon nombre de cas, la principale incertitude est venue de la fourniture des panneaux, l'industriel retenus dans le dossier ayant fait faillite ou n'étant dans certain de pouvoir honorer ses commandes.

En effet, en 2017, le marché photovoltaïque français aura vu de nombreuses annonces de disparition d'entreprise ou de consolidation sur le segment des producteurs de modules. Parmi les principaux, on retiendra les annonces de cessation de paiement de SolarWorld ainsi que de l'entreprise française Sillia et de ses deux sites basés à Lanion (Côtes-d'Armor) et à Vénissieux (Rhône).

Si depuis, Sillia a été reprise par l'allemand Recom, qui a vu dans ce rachat une opportunité pour se rapprocher du marché français, une incertitude a lourdement pesé pendant plusieurs mois sur l'aboutissement de tous les projets projetant d'utiliser des panneaux de cette marque. Pourtant en 2016, les carnets de commandes de Sillia étaient pleins grâce à plusieurs projets issus de l'appel CRE 3. L'utilisation de panneaux français, ou européens, permettant de relever la note du projet, le choix de Sillia était un moyen pour les développeurs d'augmenter leurs chances de voir leurs projets retenus. Cependant, le long délai entre le moment où les résultats de l'appel d'offres ont été donnés et la date limite de réalisation des projets (décembre 2015 – décembre 2017) a eu raison de la trésorerie de l'industriel. Sillia a dû acheter des cellules au comptant, avant de vendre ses panneaux, pour lesquels les acheteurs ont fait traîner les paiements.

Certains ont même vu dans ce phénomène une forme de malveillance de la part de quelques développeurs. En effet, ils auraient pu dans un premier temps proposer dans leurs dossiers de réponse à l'appel d'offres CRE d'utiliser des panneaux Sillia dans le but d'améliorer leurs chances d'être retenus. Ils auraient ensuite retenu volontairement leur paiement pour pousser l'entreprise à la faillite et pour finalement réaliser leur projet en utilisant d'autres panneaux, moins chers, et ainsi augmenter leur marge. Les autorités ayant permis, en cas de défaillance du fournisseur initial, d'en désigner un nouveau. Ce vice caché a été dénoncé par Arnaud Mine, président d'Urbasolar.

Quelques sites pour aller plus loin :

- ✓ Les pages dédiées à la filière sur le site de l'Ademe : www.ademe.fr
- ✓ www.ines-solaire.org
- ✓ www.photovoltaique.info
- ✓ www.enerplan.asso.fr
- ✓ SER-Soler, commission photovoltaïque du Syndicat des énergies renouvelables : www.enr.fr
- ✓ www.pv-financing.eu
- ✓ www.iea-pvps.org

2016 « ANNÉE CHARNIÈRE »

2016 était qualifiée d'« année charnière » pour le déploiement du photovoltaïque français. Le secteur avait vu bon nombre de changements avec la mise en place du complément de rémunération, l'affirmation du cadre réglementaire de l'autoconsommation ou la publication des calendriers des appels d'offres CRE. 2017 s'est déroulée dans ce contexte sans que cela ne se soit toutefois traduit par une franche augmentation du nombre de mégawatts raccordés. L'évolution des modèles d'affaires ne fait cependant plus de doutes : l'autoconsommation, individuelle et collective, est à présent prioritaire et le photovoltaïque devient le meilleur allié de la mobilité propre. Par ailleurs, le stockage focalise désormais l'attention et devrait évoluer rapidement. Reste à voir si cette évolution permet d'atteindre la fourchette haute des objectifs fixés par la PPE. ●



3 QUESTIONS

de l'Observatoire des énergies renouvelables



à **André Joffre**,
PDG de Tecsol SA

1 Chaque année est une année charnière (positive ou négative) pour le photovoltaïque. Est-ce le cas pour 2017 ?

2017 restera l'année de la ratification de la loi qui autorise l'autoconsommation collective et de la compétitivité de l'électricité solaire qui est maintenant avérée pour les grandes installations. Lors de récents appels d'offres internationaux au Mexique ou en Amérique latine, les prix de vente de l'électricité solaire sont passés sous la barre de 20 €/MWh. En Europe, pour des centrales au sol, le prix atteint est de l'ordre de 50 euros, ce qui se rapproche du prix de marché de l'électricité (entre 35 et 40 euros). Quant au prix du nucléaire récent, EDF a obtenu en Grande-Bretagne un prix d'achat à long terme de 109 €/MWh.

On notera aussi les progrès sur le stockage, avec le projet construit en Australie par l'entreprise française Neoen, qui a réalisé un site de 100 MW. Là aussi, les prix sont orientés à la baisse et la contribution des batteries va se développer d'abord dans

les zones insulaires, puis sur les réseaux interconnectés. Le reproche "d'intermittence" souvent fait par les détracteurs du solaire sera à son tour balayé, comme ont été balayés précédemment les arguments de "prix élevés" ou de "contenu en CO₂ excessif". Pour ces raisons, l'année 2017 restera une année mémorable !

2 Que pensez-vous du relèvement d'un GW de la puissance appelée des appels d'offres annoncés par le ministre Nicolas Hulot ?

Ce relèvement est le bienvenu, il consacre la compétitivité du solaire et l'appétence des Français pour cette solution. Aujourd'hui, augmenter le volume des appels d'offres coûte très peu d'argent à la CSPE : pour le dernier appel d'offres en autoconsommation, la prime demandée a été en moyenne de 10 €/MWh !

Bien entendu, lorsqu'on augmente les volumes de production solaire, on baisse ceux des autres moyens de production. Cela explique que les centrales charbon et fuel qui subsistent encore en France seront arrêtées et qu'EDF a annoncé un engagement massif dans le solaire pour compenser les pertes attendues sur les ventes d'électricité nucléaire. Cette analyse ne doit pas s'effectuer pour un marché de l'électricité atone, tel que nous l'avons connu ces dernières années. L'arrivée de la voiture électrique, qui sera beaucoup plus rapide que prévue, va ouvrir de très nombreuses opportunités pour toutes les énergies. Il est normal que le gouvernement libère quelque peu le marché, mais il faudrait aller plus loin ; en particulier sur l'autoconsommation, qui est extrêmement contrainte, alors



que les techniques du digital et du solaire permettent de faire des choses extraordinaires. Il faut libérer l'énergie solaire !

3 Les modèles PV de demain se basent sur l'autoconsommation.

Quels sont les verrous à faire sauter pour accélérer son développement ?

Le principal verrou se trouve dans le secteur de l'autoconsommation collective. Il faut pouvoir échanger de l'énergie en n'étant pas limité en aval d'un transformateur HTA/BT. Il faut, par exemple, qu'une commune puisse faire circuler son électricité solaire entre les différents bâtiments qu'elle exploite. Cela est facile à faire du point de vue technique mais impossible à réaliser, car la loi ne le permet pas.

Dans le domaine de la mobilité, que nous appelons "l'autoconsommation en itinérance", c'est encore plus criant. L'idée de pouvoir recharger sa voiture électrique sur une borne publique en y faisant "livrer" l'électricité solaire produite par sa propre maison est techniquement réalisable dès lors que la borne est équipée d'un compteur numérique. Pourtant, la réglementation ne le permet pas et devra être adaptée.

Nos concitoyens sont maintenant prêts à passer à la voiture électrique, et l'offre de véhicules à long rayon d'action (400 à 500 km) va faire tomber un des derniers obstacles. Mais les conducteurs ne veulent pas se contenter de remplacer l'essence par de l'électricité, ils veulent choisir leur électricité. Demain, on pourra rouler avec de l'électricité solaire de sa maison, de sa région, ou pourquoi pas avec de l'électricité nucléaire, si l'on est partisan de cette technologie. On peut remarquer que toutes les offres alternatives des différents fournisseurs d'élec-

tricité sont basées sur des énergies renouvelables. Demain, nous irons plus loin, nous pourrions choisir le parc éolien, le barrage ou la centrale solaire qui nous alimentera en priorité! ●

Vue de la retenue
du barrage de Livet
(Isère – Auvergne-Rhône-Alpes).



L'hydroélectricité reste la première source d'énergie électrique renouvelable en France. Si le dossier du renouvellement des grandes concessions s'enlise, l'année 2017 a été riche pour le segment des petites installations.

CHIFFRES CLÉS

Puissance installée à fin septembre 2017

25 781 MW

Production totale en 2016

64 TWh

Objectif 2018

Puissance installée

25 300 MW

Production

61 TWh

Objectif 2023

Puissance installée

**25 800 –
26 050 MW**

Production

63 – 64 TWh

Emplois directs dans la filière à fin 2016

12 340

Chiffre d'affaires dans la filière en 2016

3 637 millions d'euros

FILIÈRE HYDRAULIQUE

Observ'ER

Le Baromètre 2017
des énergies renouvelables
électriques en France

L'HYDROÉLECTRICITÉ, UN ROUAGE ESSENTIEL DE L'ÉLECTRICITÉ MADE IN FRANCE

Le savoir-faire français en hydroélectricité existe depuis cent cinquante ans et tous les grands sites exploitables du pays sont déjà mobilisés pour produire de l'électricité. Grâce à une puissance de plus de 25 GW de capacité installée, l'hydroélectricité est la deuxième source d'électricité du pays, après le nucléaire. Elle a permis de produire près de 64 TWh en 2016, soit 12 % de la production totale d'électricité française (voir graphique n° 1).

Le chiffre de la production varie à la hausse ou à la baisse selon les années, selon la pluviométrie. Ainsi l'année 2013 a connu un pic avec la production de 75 TWh, soit 14 % du total électrique.

UN POTENTIEL VALORISÉ PAR QUATRE GRANDES TECHNOLOGIES

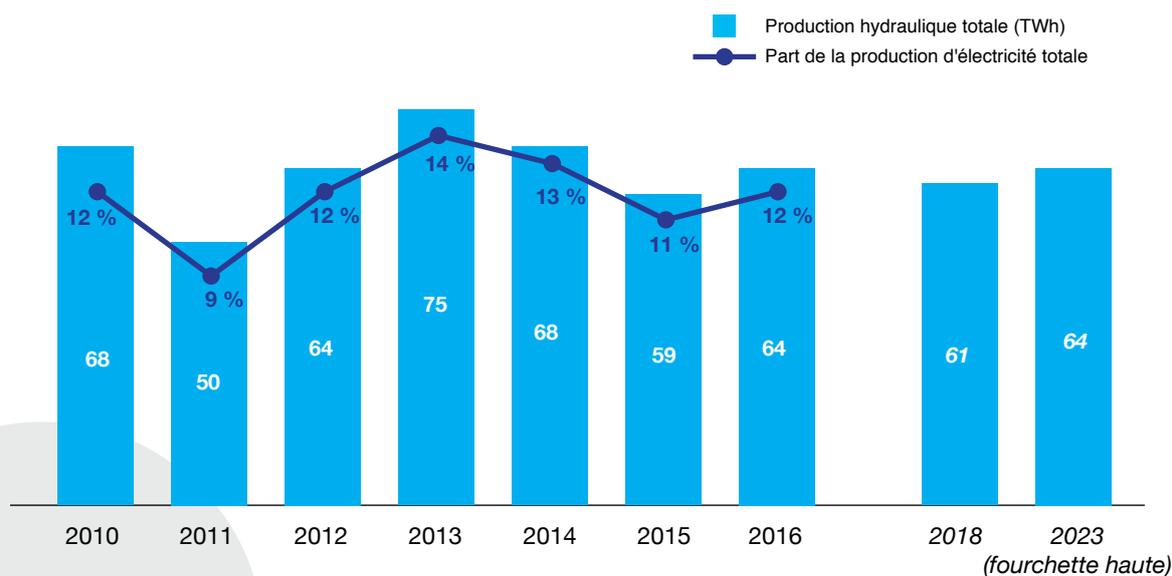
Le potentiel hydroélectrique français est valorisé par quatre grandes technologies : les centrales au fil de l'eau, les centrales de lac et d'écluse et les stations de transfert d'énergie par pompage (Step).

Les centrales au fil de l'eau sont les plus nombreuses sur le territoire (env. 1 900) et produisent plus de 50 % de la production hydraulique, mais, du fait de leur petite puissance nominale (en moyenne), elles ne représentent que le deuxième type d'aménagement en termes de puissance (environ 7 600 MW). Non équipées de retenues d'eau, ces centrales assurent une production en continu tout au long de l'année et participent ainsi à la base du mix énergétique national.

Graphique n° 1

Production d'électricité hydraulique en France

Source : RTE, "Statistiques de production et consommation d'électricité 2016",
Programmation pluriannuelle de l'énergie



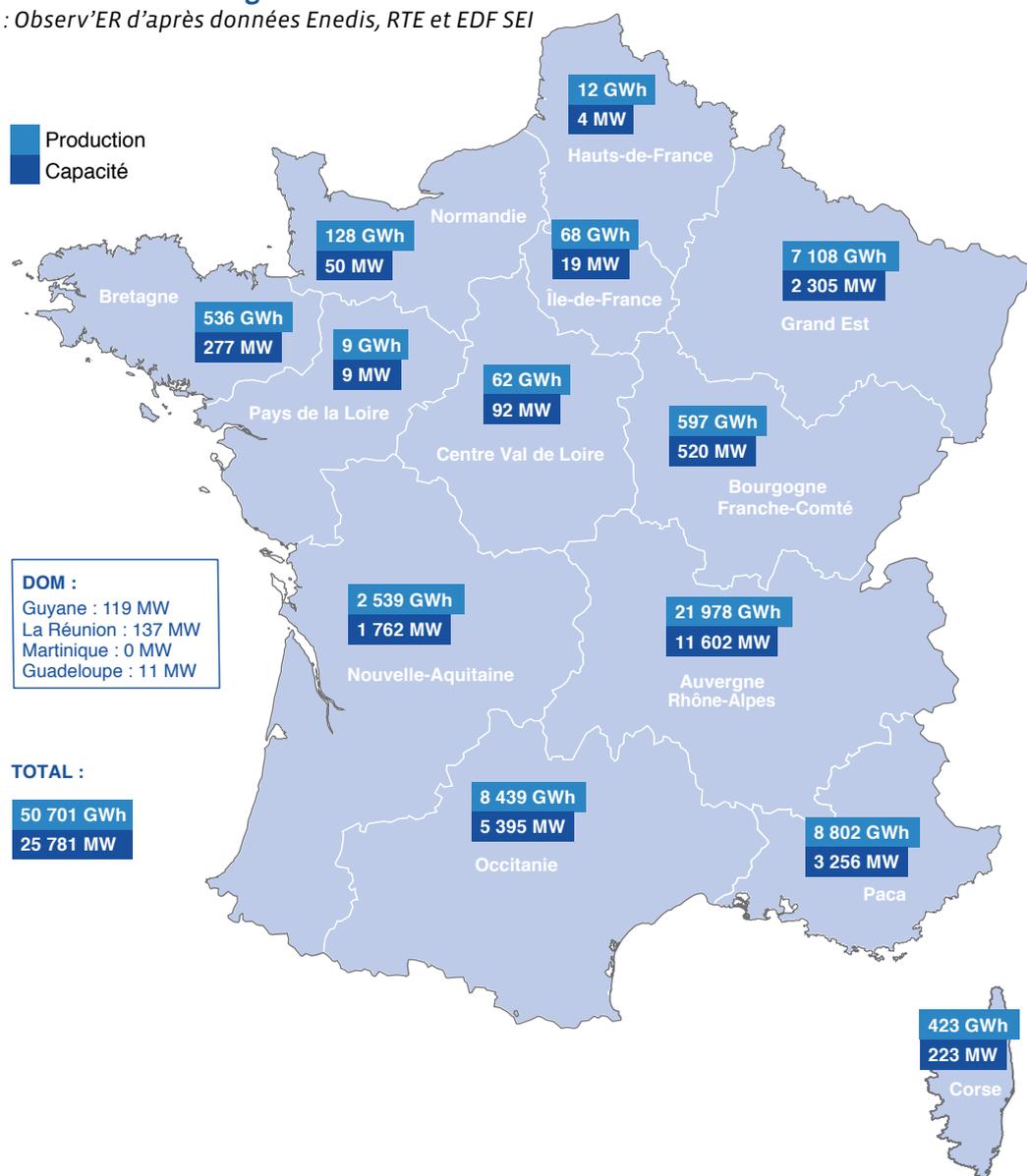
Observ'ER

Le Baromètre 2017
des énergies renouvelables
électriques en France

Carte n° 1

Répartition du parc hydraulique français raccordé au 30 septembre 2017 et production annuelle sur une année glissante

Source : Observ'ER d'après données Enedis, RTE et EDF SEI



Les centrales de lac sont associées à des barrages et constituent un tiers de la puissance installée (environ 9 000 MW) malgré un petit nombre d'installations (une centaine). Cette technologie représente une puissance très rapidement mobilisable en période de pointe de consommation.

Les centrales d'éclusée, également dotées d'une retenue d'eau, permettent un stockage quotidien ou hebdomadaire de quantités moyennes d'eau disponible en cas de pic de consommation. Cette technologie

Observ'ER

Le Baromètre 2017
des énergies renouvelables
électriques en France

HYDRAULIQUE

représente environ 4 200 MW installés, pour 150 centrales, et un potentiel de production de 10,6 TWh.

Les stations de transfert d'énergie par pompage (Step) ne sont pas tout à fait considérées comme des sites de production ; elles constituent davantage des lieux de stockage d'énergie sous forme d'une eau pompée dans un réservoir amont et capable d'être turbinée en cas de besoin énergétique. L'Hexagone recense une dizaine de Step, pour une puissance cumulée de 4 500 MW.

UN OUTIL DE STOCKAGE

Les Step constituent aujourd'hui le principal outil de stockage de l'électricité à grande échelle et occupent, à ce titre, un rôle particulier dans la transition énergétique française. Sur le plan électrique, cette transition doit s'appuyer sur trois

pilliers : le déploiement des énergies renouvelables, un renforcement des réseaux axé sur des schémas régionaux et la diffusion de technologies de stockage. Ces dernières sont encore rarement matures et seules les Step offrent un potentiel à grande échelle, ce qui en fait un élément d'équilibrage du réseau indispensable. Si les principaux grands sites exploitables ont déjà été mobilisés, les Step peuvent cependant être modernisées. Un potentiel en petite Step, basé sur des bassins préexistants (anciennes carrières par exemple), existe et présente un intérêt pour assurer l'équilibre de boucles locales dans les territoires et ainsi éviter des coûts de renforcement des réseaux.

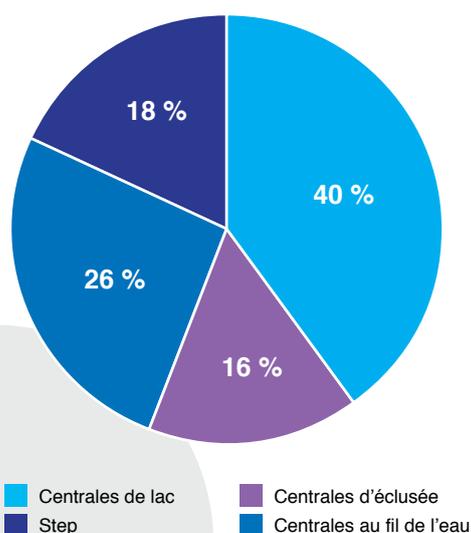
DES OBJECTIFS TROP TIMIDES

En matière de développement de la filière hydroélectrique, la programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) de 2016 ne prévoit pas un mouvement de grande ampleur. Le texte projette un parc identique à fin 2018 et une croissance qui s'échelonne entre 25 800 et 26 050 MW à fin 2023 pour une production évaluée à 62 ou 63 TWh. Ces chiffres marquent un recul par rapport aux objectifs posés par les précédents exercices de programmation, qui visaient l'installation de 3 GW supplémentaires par rapport à la puissance de fin 2006 (soit un total d'environ 28 GW). Les niveaux visés par la PPE de 2016 sont cependant réalistes au vu des délais d'instruction et de construction des projets hydroélectriques (trois à huit ans en moyenne). Il n'en reste pas moins que cette révision à la baisse des ambitions pour le secteur se traduirait, selon le syndicat France Hydro Électricité, par une perte d'activité économique pour

Graphique n° 2

Répartition des capacités hydrauliques sur le réseau de transport par type de centrale

Source : "Panorama des énergies renouvelables 2017", SER Enedis



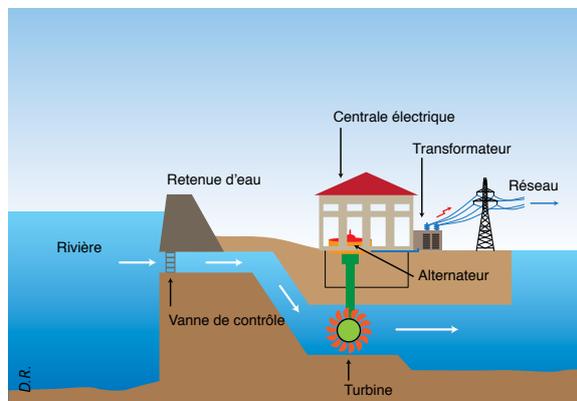
Observ'ER

Le Baromètre 2017
des énergies renouvelables
électriques en France

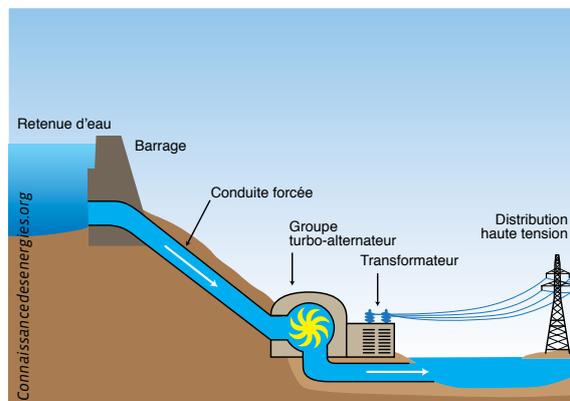
Schéma n° 1

Schémas des différentes technologies d'ouvrages hydroélectriques

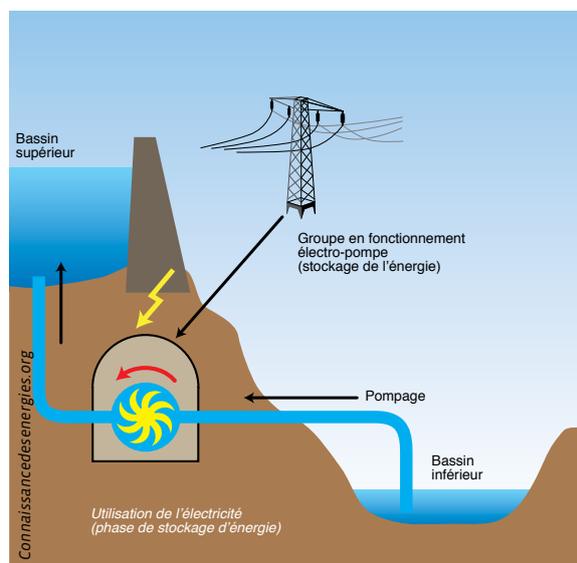
Source : Observ'ER 2016



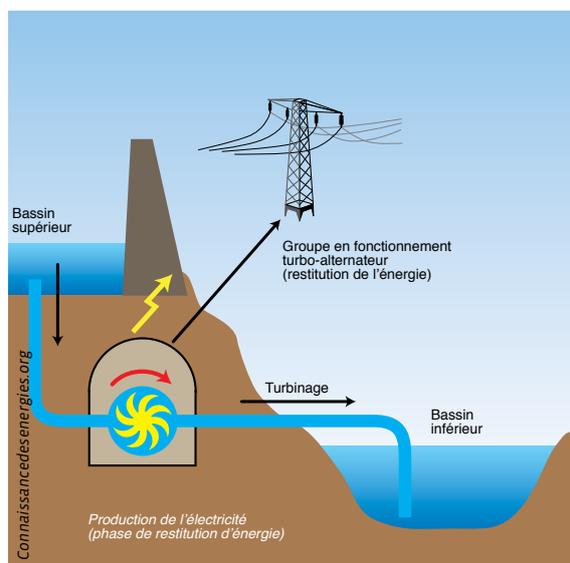
Centrale au fil de l'eau



Centrale de lac



Step en phase de stockage



Step en phase de production

les territoires. Le syndicat estime que la réalisation de ces 3 GW aurait représenté environ 2,1 milliards d'euros de chiffre d'affaires et 2 000 emplois créés. Ces chiffres sont significatifs dans la mesure où, pour l'année 2016, l'emploi dans la filière est évalué à 12 340 par l'Ademe, pour un chiffre d'affaires de 3,6 milliards d'euros.

Or, des perspectives de développement, il y en a ! Elles ont été identifiées en novembre 2013 dans l'étude de convergence menée entre l'État et la profession représentée par l'UFE, en partenariat avec les Dreal. Trois TWh pourraient être valorisés à travers les appels d'offres en cours de concertation

Observ'ER

Le Baromètre 2017
des énergies renouvelables
électriques en France



HYDRAULIQUE

pour développer de nouvelles installations sur des sites propices. Ils compenseraient ainsi la diminution de la production hydroélectrique du fait de l'application des diverses réglementations environnementales. Il se trouve que la profession estime cette baisse à près de 2,2 TWh.

EMPLOI ET CHIFFRE D'AFFAIRES

La filière française hydroélectrique repose autant sur des petites entreprises que sur des grands groupes. L'Ademe, dans son étude annuelle sur l'activité des filières renouvelables, recense 10 fabricants de turbines, 10 fournisseurs de matériel électrique spécifique, 30 bureaux d'études et 1 700 exploitants. EDF et Engie sont les principaux exploitants des grandes instal-

lations et GE Hydro (anciennement Alstom) fait partie des constructeurs de turbines de référence. GE Hydro a cependant annoncé en novembre 2017 un plan social sur son site principal de Grenoble, qui pourrait perdre 345 postes sur ses 800 actuels. La direction fait valoir le nécessaire redimensionnement du site pour retrouver une compétitivité sur un marché mondial de l'hydroélectricité très concurrentiel.

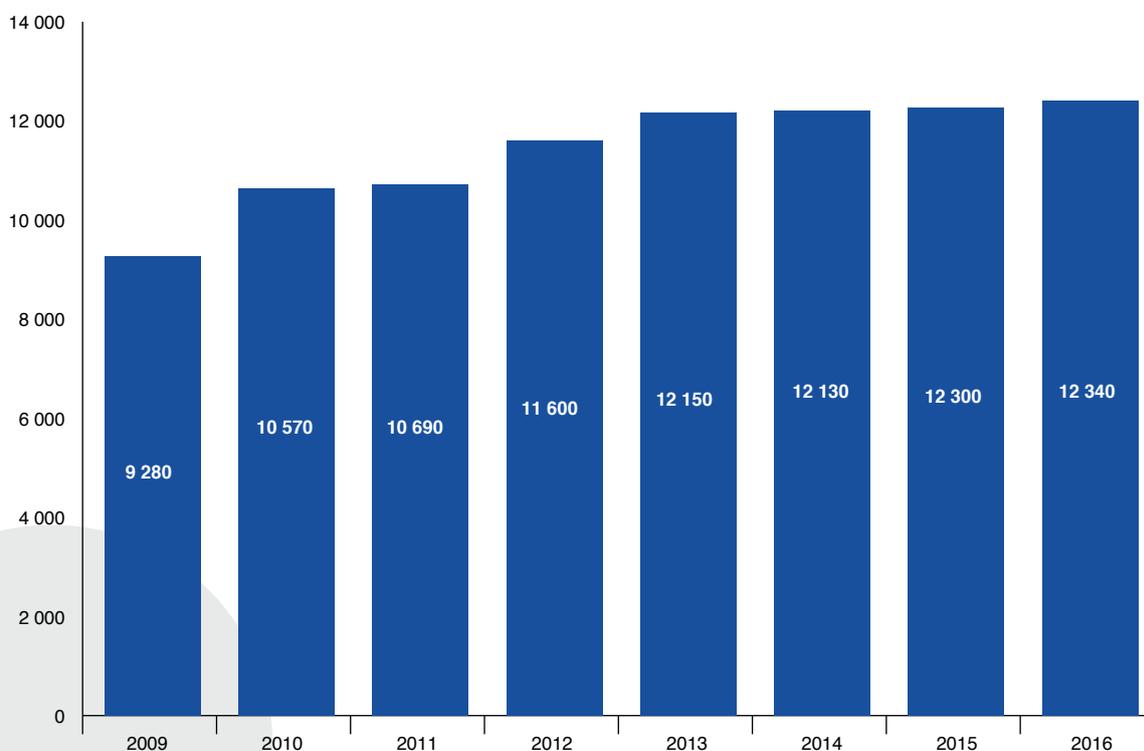
La filière emploie 12 340 personnes en 2016, dont près des trois quarts se consacrent à la vente de l'énergie et à la maintenance des installations. Environ 7 000 d'entre elles travaillent pour la grande hydroélectricité et environ 2 000 pour la petite.



Graphique n° 3

Évolution de l'emploi direct dans le secteur de l'hydroélectricité en France

Source : « Marchés et emplois dans le domaine des énergies renouvelables » Ademe, juillet 2017



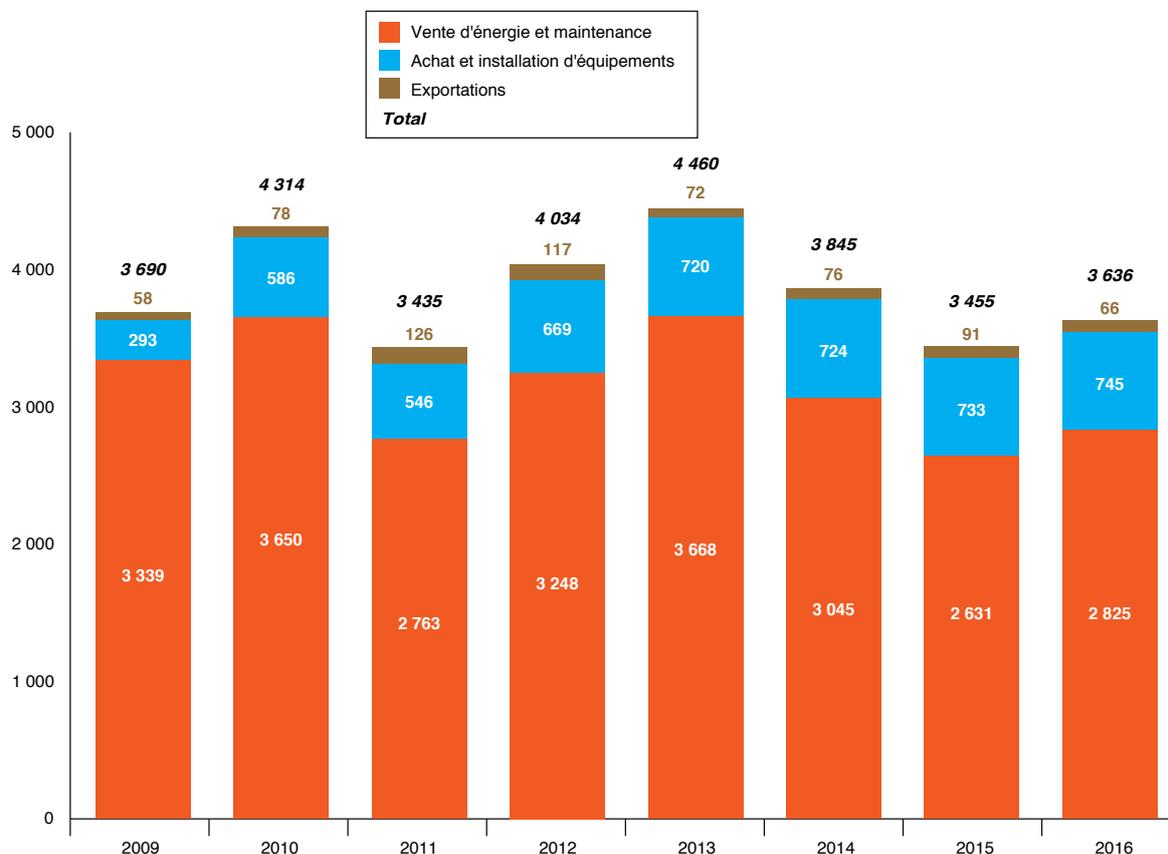
Observ'ER

Le Baromètre 2017
des énergies renouvelables
électriques en France

Graphique n° 4

Évolution du chiffre d'affaires du secteur de l'hydroélectricité en France

Source : « Marchés et emplois dans le domaine des énergies renouvelables » Ademe, juillet 2017



Le chiffre d'affaires global de la filière est évalué à 3 636 millions d'euros. Ce chiffre d'affaires est directement corrélé à la production d'électricité de la filière, et donc à la pluviométrie.

COMPLÉMENT DE RÉMUNÉRATION ET LIVRE BLANC

Le cadre réglementaire de la petite hydroélectricité a beaucoup évolué au cours des deux dernières années. En 2016, un arrêté tarifaire a introduit le complément de rémunération couplé à des appels d'offres comme mécanisme de soutien au développement du secteur. La même année,

le premier appel d'offres était ouvert et portait sur trois lots : la création de nouveaux sites supérieurs ou égaux à 500 kW ; l'équipement d'ouvrages existants et la réhabilitation d'installations existantes de puissances comprises entre 36 et 150 kW. Les résultats ont été publiés le 27 avril 2017. Dix-neuf lauréats ont été désignés pour une capacité totale de 27 MW. 18,5 MW ont été attribués au premier lot, 8 MW au second et 0,4 MW au troisième. Le prix moyen pondéré de l'électricité produite est de 112,40 €/MWh. Du côté

des acteurs, le premier lauréat est Quadran (10,6 MW), suivi de Serhy Ingénierie (6,2 MW) puis de Pyrénées Énergie (5,3 MW). Les résultats n'ont toutefois pas atteint les niveaux espérés car l'appel d'offres était prévu pour autoriser un total de 60 MW. Peu de porteurs de projets ont participé et, par ailleurs, la prise en compte des critères environnementaux a conduit à écarter de nombreux projets.

En parallèle à la nouvelle réglementation pour la filière, des voix venant d'associations environnementales se font entendre. Ainsi France nature environnement (FNE) s'inquiète des critères environnementaux évalués dans les appels d'offres hydroélectriques. La fédération regrette que le poids de la note environnementale soit relatif, dans l'analyse d'un dossier. En effet, l'évaluation de cet aspect est réalisée en prenant en compte les réponses de l'ensemble des autres candidats. FNE considère que l'impact environnemental d'un projet devrait être examiné en soi et non pas comparé aux propositions des autres développeurs.

Cet avis n'est pas celui des professionnels de la petite hydroélectricité, qui estiment que les critères environnementaux ont un réel impact sur la faisabilité de nombreux projets et donc sur le développement de la filière. Selon eux, de nombreux points de blocage existent dans le cadre réglementaire national, et ils craignent de ne pas pouvoir développer le secteur autant que la loi sur la transition énergétique et la croissance verte le souhaiterait. Aussi, les producteurs d'hydroélectricité, réunis au sein de l'Union française de l'électricité, du Syndicat des énergies renouvelables et de France hydro électricité, ont publié en juin 2017 un Livre blanc pour la filière¹. Ce document rassemble sept grandes propo-

sitions pour maintenir, pérenniser et développer le secteur. Parmi les principales, on note : l'exonération de la taxe foncière sur les aménagements qui vont dans le sens de la préservation de la biodiversité ; un mécanisme de soutien clair pour les Step et une centralisation et une clarification de la gouvernance de l'eau.

L'ÉTERNELLE QUESTION DU RENOUELEMENT DES CONCESSIONS

Parmi les autres dossiers importants pour la filière hydroélectrique se trouve celui du renouvellement des concessions des installations de plus de 4,5 MW.

En France, il est nécessaire de disposer d'une autorisation ou d'une concession de l'État pour exploiter l'énergie des marées, lacs et cours d'eau. Pour les installations de moins de 4,5 MW, ce sont des autorisations qui sont données de la part de l'État. En revanche, au-dessus de ce seuil, c'est le régime de la concession qui s'applique. Celle-ci est donnée pour une durée de soixante-quinze ans et peut être renouvelée pour une période allant de trente à quarante ans. EDF et Engie sont les principaux opérateurs de ces concessions. La première contrôlant 80 % du parc hydroélectrique français et la seconde 12 %, via deux filiales que sont la Société hydroélectrique du Midi et la Compagnie nationale du Rhône. Jusqu'à présent, les concessions étaient renouvelées par un système de "droit de préférence" qui assurait la reconduction quasi automatique des contrats.

Ce système a été chamboulé en 2010 par la Commission européenne, qui a exigé du

1. "L'hydroélectricité à la croisée des chemins : donnons un nouvel élan à la première des énergies renouvelables".

gouvernement la mise en concurrence de ses concessions. Les enjeux économiques et énergétiques des modifications demandées par Bruxelles se sont rapidement révélés sensibles, avec de fortes probabilités de voir une part significative des installations hydroélectriques françaises passer sous pavillons privés et étrangers.

Au cours des dernières années, les différents ministres de l'Environnement ont cherché à temporiser afin de réfléchir à toutes les options possibles. Deux textes sont venus moderniser le cadre réglementaire des grandes installations hydroélectriques : la loi sur la transition énergétique du 17 août 2015 et un décret du 27 avril 2016. L'exercice était délicat car il devait à la fois aménager une présence de l'État ou des régions dans la gestion des concessions et respecter les injonctions de Bruxelles. Ont ainsi été actés dans la loi sur la transition énergétique les trois axes suivants :

- la possibilité de regrouper les concessions d'un même opérateur ou d'opérateurs différents dans une chaîne d'installations hydrauliquement liées ;
- le fait de proroger les concessions en cours si des travaux non prévus aux contrats initiaux sont programmés ;
- la création des Semh (sociétés d'économie mixte hydroélectriques), constituées en vue de l'exécution d'une ou plusieurs concessions. Les Semh permettent à l'administration française d'être partie prenante de l'exploitation d'une concession hydroélectrique.

Quelques sites pour aller plus loin :

- ✓ Les pages dédiées à la filière sur le site de l'Ademe : www.ademe.fr
- ✓ Les pages du SER consacrées à la filière : www.enr.fr
- ✓ www.france-hydro-electricite.fr
- ✓ www.barrages-cfbr.eu

Cependant, hormis la mise en place de ce nouveau cadre, le renouvellement effectif des concessions n'a pas beaucoup avancé. En début d'année 2017, la ministre de l'Environnement Ségolène Royal avait déposé une demande auprès de la Commission européenne afin de prolonger la durée des concessions exploitées par EDF et par la Compagnie nationale du Rhône. Depuis, le nouveau ministre, Nicolas Hulot, a sobrement déclaré en juillet 2017 que le pays ne pourra pas « *repousser en permanence l'échéance* ». ●



3 QUESTIONS

de l'Observatoire
des énergies renouvelables



à **France Hydro Électricité**,
Christine Etchegoyhen, présidente
de France Hydro Électricité,
Jean-Marc Levy, délégué général

1 Économiquement, vous dites que la filière électrique subit un effet ciseaux. De quoi s'agit-il ?

Économiquement, l'hydroélectricité est à la croisée des chemins, car une partie de la filière ne couvre plus ses coûts, et cela pour trois raisons. La première est l'augmentation constante des normes de toutes natures et en particulier des prérequis environnementaux, pas toujours justifiés. En matière de continuité écologique, il faut arrêter le gaspillage, revenir à une approche au cas par cas, commencer par un diagnostic partagé des besoins du cours d'eau et de l'impact de chaque ouvrage, prioriser les objectifs en fonction des espèces prioritaires et revenir à la logique de résultat et non de moyens (en finir avec les « passes à poissons administratives »). La deuxième est l'augmentation de la fiscalité, qui devient insupportable parce

que déconnectée des prix de l'électricité (taxe foncière, Ifer, CFE, redevance hydraulique...). En 2017, la fiscalité locale représente à elle seule environ 10 €/MWh, soit un tiers à un quart du prix de vente sur le marché actuel, auxquels s'ajoutent les impôts et taxes. Certaines communes ou certains gestionnaires du domaine public (type ONF) voient l'hydroélectricité comme une poule aux œufs d'or et veulent leur part, parfois au détriment de l'équilibre économique des installations. La « rente hydro » n'existe plus depuis longtemps. Tout cela dans un contexte d'effondrement des prix du marché et donc des revenus. Donc coûts qui augmentent et revenus qui diminuent créent un effet ciseaux qui demanderait un plan de sauvegarde de la filière, car il s'agit bien de difficultés structurelles et non conjoncturelles.

2 Quel est le rôle de l'hydroélectricité dans la stratégie nationale des énergies renouvelables ?

La grande flexibilité et les capacités de stockage inhérentes à l'hydro rendent des services primordiaux au réseau électrique sur tout le territoire. L'hydro joue un rôle essentiel dans les services système (réserves primaire et secondaire) et fournit environ 50 % de l'ajustement en énergie. Si nous voulons plus d'éolien et de photovoltaïque, nous devons installer plus d'hydroélectricité, car elle permet d'offrir de la flexibilité, de la réactivité et de la profondeur au système électrique. Le réseau français peut répondre à une fluctuation très rapide de production solaire ou éolienne de plusieurs GWh en quelques minutes grâce à l'hydroélectricité. L'hydro est complémentaire et



indispensable aux autres énergies renouvelables. Par ailleurs, elle représente le mode de stockage le plus compétitif, qui va bien au-delà du stockage de courte durée dont sont capables les batteries. Seules les Step peuvent faire du report hebdomadaire. Même les centrales au fil de l'eau peuvent moduler leur production grâce au marnage, en faisant varier le niveau d'eau et le débit autour d'une valeur de consigne. Il s'agit d'une technique utilisée depuis longtemps par les moulins pour avoir de l'énergie mobilisable à tout moment de la journée, et qui représente un vrai potentiel de flexibilité pour le réseau.

le calendrier. Cette procédure offre de la visibilité au porteur de projet et permet de gagner du temps. Donc oui, la filière évolue et a de beaux jours devant elle. ●

3 La filière doit-elle évoluer ?

L'hydraulique a le seul défaut de ne pas être une énergie nouvelle, elle fait partie du paysage. Elle est le plus souvent oubliée des discours politiques et des journalistes. Pourtant, la filière s'est énormément modernisée au fil du temps. Les innovations sont nombreuses, de nouvelles turbines apparaissent pour s'adapter à des sites de faibles chutes, les systèmes de gestion, de surveillance et d'alerte automatisés sont de plus en plus performants. L'innovation se retrouve également dans les nouveaux modèles de distribution de l'électricité. Les consommateurs souhaitent de plus en plus connaître l'origine de l'électricité et ils sont heureux de savoir que c'est une petite installation hydraulique à côté de chez eux qui les fournit. Les bonnes nouvelles sont rares mais existent. L'autorisation environnementale unique permet d'accélérer les démarches et les délais. Le certificat de projet est également intéressant. Délivré par le préfet, il identifie les textes applicables à un projet et fixe

Plateforme biomasse
Dalkia de Velaine-en-Haye,
dédiée à la préparation
et au stockage de biomasse
(Meurthe-et-Moselle –
Grand-Est).



Stephane Harter / Agence VU

La programmation pluriannuelle de l'énergie à 2023 propose des objectifs ambitieux à la filière électrique biomasse solide qui pourraient relancer sa dynamique. Le premier volet de la procédure d'appel d'offres triennal CRE5 a privilégié les industriels du papier et du bois valorisant leurs sous-produits et disposant déjà d'une chaudière bois. Le dispositif s'est montré, en revanche, moins favorable aux projets sur réseaux de chaleur. Les deux prochains volets du CRE 5 devraient maintenir cette tendance.

CHIFFRES CLÉS

Puissance installée à fin septembre 2017

589,5 MW

Production électrique en 2016

2 488 GWh

Objectif à fin 2018

540 MW

Objectif à fin 2023 (option basse)

790 MW

Objectif à fin 2023 (option haute)

1 040 MW

*Emplois dans la filière en 2016
(toutes valorisations énergétiques)*

6 160

*Chiffre d'affaires dans la filière en 2016
(toutes valorisations énergétiques)*

1 598

millions d'euros

46

FILIÈRE BIOMASSE SOLIDE

Observ'ER

Le Baromètre 2017
des énergies renouvelables
électriques en France

LA POLITIQUE D'APPEL D'OFFRES PRÉDOMINE

En France, comme dans de nombreux autres pays européens, le bois énergie est la première des énergies renouvelables, avec 41 % de la consommation finale brute d'EnR en 2016 (source SDES). L'essentiel de la biomasse est utilisé pour des usages thermiques par les particuliers, les collectivités et les industriels. Toutefois, il existe 43 sites produisant de l'électricité à partir de combustibles biomasses solides pour une puissance une puissance de 589,5 MWe à fin 2017. De plus, quatre sites sont en construction, pour une capacité totale de 43,5 MWe.

Sur les 47 centrales actuelles en fonctionnement ou en construction, 35 sont des lauréates d'un des quatre appels d'offres et dix sites relèvent du tarif d'obligation d'achat mis en place en 2002, réévalué en 2009 puis en 2011, et abrogé en 2016 (voir tableau n° 1). Les taux de réalisation des

appels d'offres CRE 1 et CRE 2 – c'est-à-dire le nombre de sites construits par rapport au nombre de projets initialement retenus – se limitent à seulement 36 % et 23 %.

Ces deux appels d'offres ont surtout intéressé les sites de production de pâte à papier, qui valorisent traditionnellement les déchets de process de production en énergie, et des industriels agroalimentaires. L'appel d'offres CRE 3, lancé en 2009, avait présenté un taux de réalisation plus élevé puisque deux projets sur trois avaient vu le jour. Contrairement aux CRE 1 et 2, tournés exclusivement vers l'industrie, neuf des vingt cogénérations réalisées via le CRE 3 ont cherché à valoriser la partie énergie thermique à travers des réseaux de chaleur urbains. Six cogénérations au bois avaient été installées par Dalkia sur des réseaux de chaleur dans les agglomé-

Tableau n° 1

Répartition des centrales biomasse par type de soutien, appels d'offres et tarif d'obligation d'achat

Source : Observ'ER 2017

Appels d'offres	Résultats	Puissance minimale des dossiers	Nombre de projets retenus/déposés	Puissance retenue (MW)	Nombre de centrales en exploitation ou en construction	Puissance totale sites en exploitation ou en construction (MW)
CRE 1 (2003)	Janvier 2005	12 MW	14 / 23	216	5/14	77
CRE 2 (2006)	Juin 2008	5 MW	22 / 56	314	5/22	115,5
CRE 3 (2009)	Janvier 2010	3 MW	32 / 106	250	20/32	133,5
CRE 4 (2010)	Octobre 2011	12 MW	15 / 16	420	5/15	228
Régime de l'obligation d'achat					10	78
Contrat de vente directe de l'électricité à Enercoop					1	0,5
Autoconsommation					1	0,5
Nombre total de sites de cogénération biomasse en exploitation ou en construction					47 dont 4 en construction	633 dont 43,5 MW en construction

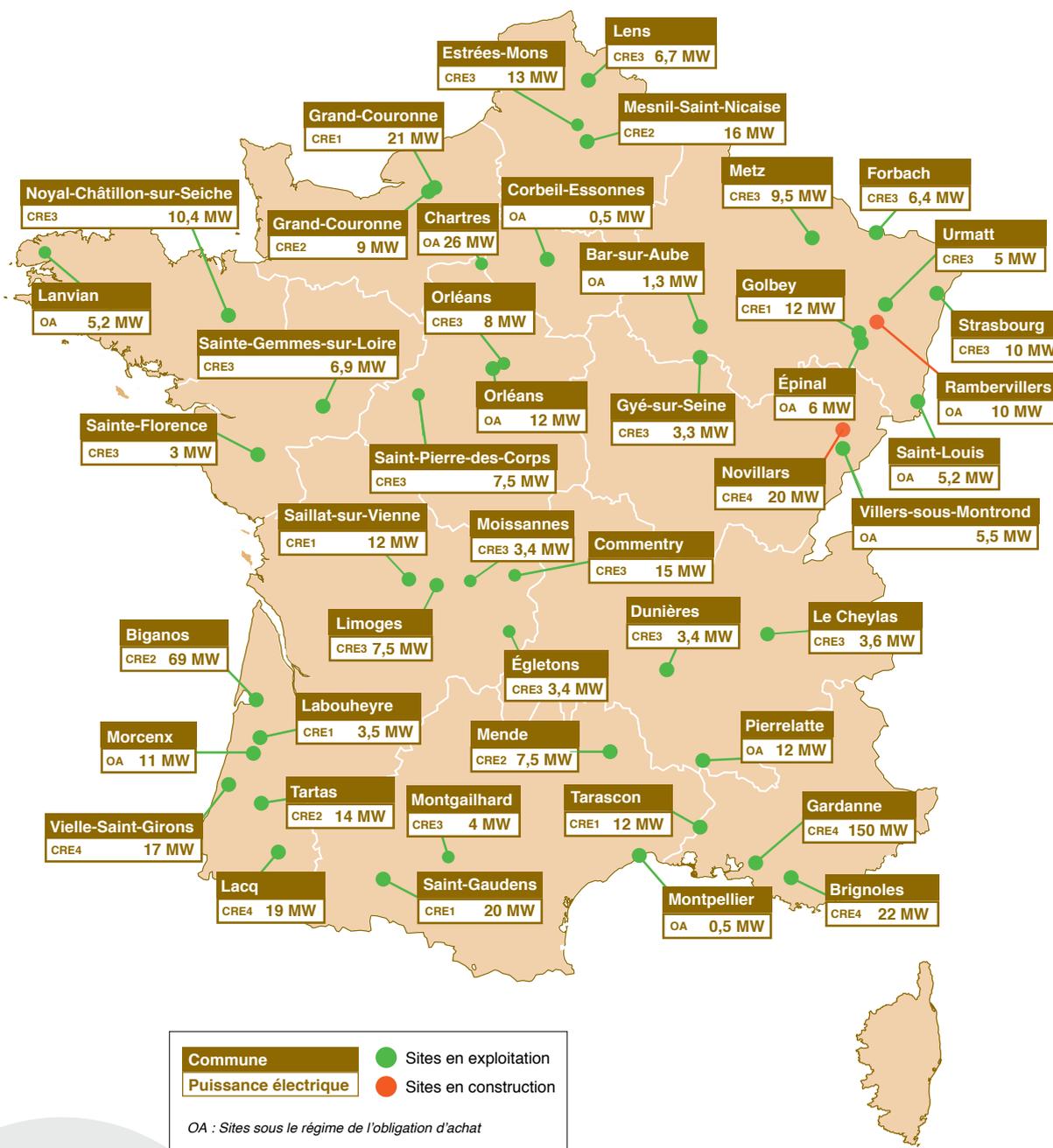
Observ'ER

Le Baromètre 2017
des énergies renouvelables
électriques en France

Carte n° 1

Cartographie des sites de production d'électricité à partir de biomasse solide à fin 2017

Source : Observ'ER 2017



rations d'Angers, de Rennes et de Tours ainsi qu'à Lens, Limoges et Orléans (7,5 ou 10 MWe). En 2017, l'énergéticien a mis en route la cogénération du réseau de chaleur de Strasbourg (10 MWe). De son côté, Cofely a équipé le réseau de chaleur de Forbach (Moselle). Non loin de là, à Metz, la régie d'énergie de la ville (UEM) a doté le réseau d'une cogénération de 9,5 MWe. L'appel d'offres CRE 3 a aussi permis la construction de cogénérations bois d'assez grande taille dans le secteur industriel : chez Bonduelle à Estrées-Mons (Somme) et Adisseo à Comentry (Allier). Grâce à un seuil d'éligibilité ramené à 3 MWe, l'appel d'offres CRE 3 a aussi permis d'implanter de multiples cogénérations biomasse chez des fabricants de granulés de bois.

PRESSIONS POLITIQUES AUTOUR DU SITE DE GARDANNE

La particularité de l'appel d'offres CRE 4 d'octobre 2011 a été d'accorder une dérogation aux projets de centrales électriques à biomasse implantés en Provence-Alpes-Côte d'Azur et en Bretagne. Deux régions déficitaires en électricité et fragiles en périodes de pics de demande. Ces projets avaient la possibilité de déroger à la règle d'un minimum de 60 % d'efficacité énergétique (part d'énergie primaire valorisée en électricité et chaleur) à condition de pouvoir justifier que « *le projet contribue à améliorer la sécurité d'alimentation en électricité de la région* ». Sur les cinq projets en exploitation ou en construction, deux entrent dans ce cadre.

Le projet le plus important en taille concerne la centrale électrique à charbon d'Uniper (ex-E.ON) à Gardanne, dans les Bouches-du-Rhône, dont la tranche 4 a été convertie à la biomasse grâce à un investissement de 250 millions d'euros. L'instal-

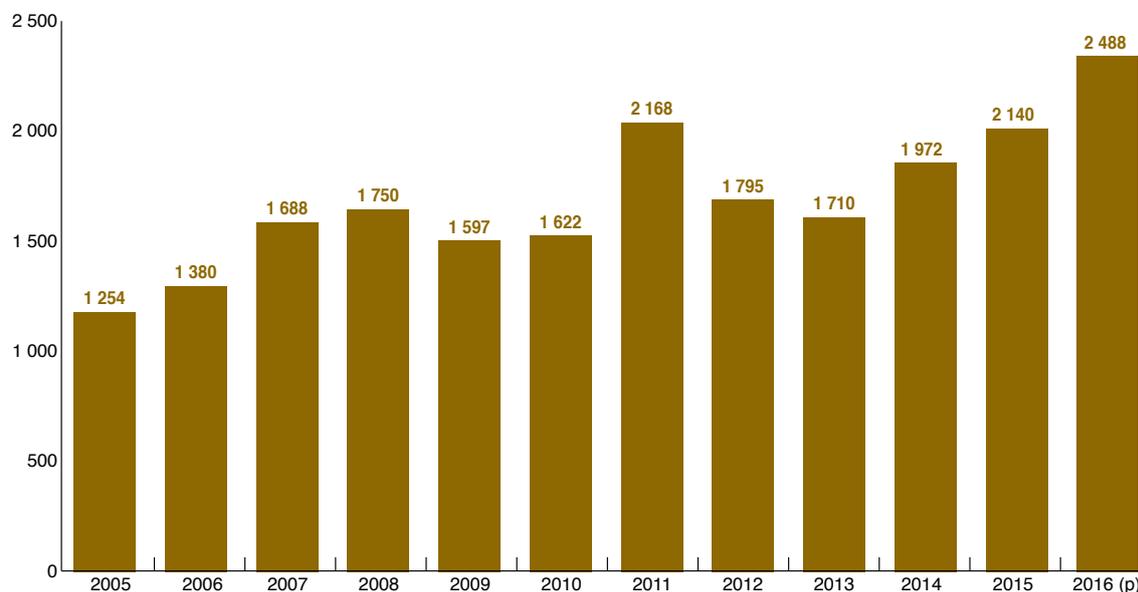
lation de 150 MWe devrait représenter 6 % de la production d'électricité de la région et couvrir 3 % de sa consommation. Après des tests réalisés en 2016, la production industrielle avait commencé à monter en puissance, jusqu'à ce qu'Uniper se voit annuler son autorisation d'exploiter par le tribunal administratif de Marseille. En cause, des plaintes déposées par les Parcs naturels régionaux (PNR) du Verdon et du Lubéron et par France Nature Environnement Paca dénonçant une étude d'impact insuffisante qui n'analysait pas « *les effets négatifs indirects et permanents du projet sur les espaces forestiers de la zone d'approvisionnement* » de la centrale, située dans un rayon de 400 km.

Il est vrai que le site nécessite un approvisionnement colossal, à la hauteur de la puissance qu'il développe : les volumes de bois s'élèvent à 850 000 t/an. Selon l'énergéticien allemand, une moitié provient de la région Sud-Est mais se compose de bois de recyclage (palettes) et de déchets verts. L'autre moitié comprend de la biomasse forestière importée, conformément au plan d'approvisionnement validé par l'État. L'essentiel de ces importations provient du Brésil et d'Espagne. Cependant, arrêter une telle centrale n'est pas chose facile. Ainsi, le préfet des Bouches-du-Rhône a autorisé en juin 2017 une poursuite de l'exploitation à titre provisoire, justifiant sa décision par le caractère indispensable du site pour l'approvisionnement en électricité de la région. L'affaire n'est pas terminée car le ministre de la Transition écologique et solidaire, Nicolas Hulot, a ensuite fait appel le 7 juillet 2017 de la décision du tribunal administratif. Quant aux PNR

Graphique n° 1

Évolution de la production d'électricité biomasse solide en France depuis 2005 (en GWh)

Source : SDES 2005 - 2014, Eurostat 2015, AIE 2016



(p) : prévisionnel

du Verdon et du Luberon, ils ont dû retirer leur plainte et signer un accord avec Uniper le 29 septembre 2017, suite aux menaces de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur de stopper leurs subventions, selon le journal en ligne *Reporterre*.

La seconde centrale retenue en CRE 4 se situe également en Provence-Alpes-Côte d'Azur. Localisée à Brignoles (22 MWe), dans le Var, elle a été construite par le spécialiste du traitement des déchets Inova (filiale d'Altawest et de la Caisse des Dépôts). L'appel d'offres CRE 4 a aussi séduit des industriels de la chimie : l'usine DRT à Vielle-Saint-Girons (Landes, 17 MWe) et Sobegi à Lacq (Pyrénées-Atlantiques, 19 MWe). Enfin, le projet de 20 MWe du développeur Akuo pour le papetier GemDoubs à Novillars (Doubs) est actuellement en construction pour une mise en service en 2018. Les dix

autres projets retenus ont été abandonnés. Le taux de réalisation de cet appel d'offres sera au mieux d'un sur trois.

DERNIÈRES CENTRALES SOUS OBLIGATION D'ACHAT

En complément des procédures d'appel d'offres, il existait un tarif d'obligation d'achat appliqué à guichet ouvert aux projets ne répondant pas aux cahiers des charges des appels d'offres. Plusieurs arrêtés tarifaires successifs ont encadré ce dispositif, le dernier datant du 27 janvier 2011 (voir tableau n° 2), avant que la mesure ne soit abrogée en mai 2016 pour des raisons de mise en conformité d'aides de l'État au regard des exigences de l'Union européenne. Fin 2017, sept installations

La centrale EDF de Cordemais teste le charbon vert

La centrale EDF de Cordemais¹ (Loire-Atlantique) aurait dû fermer en 2018 car ses émissions de CO₂ ne répondaient plus aux normes françaises en vigueur. Pour éviter cette issue, ses dirigeants misent sur une évolution du combustible utilisé : un mélange de biomasse et de charbon. Des tests ont été réalisés en 2015 et 2016 avec des granulés de bois torréfiés achetés à un fournisseur norvégien. Le coût de ce combustible s'étant révélé incompatible avec la vente d'électricité non subventionnée, EDF a étudié, avec un laboratoire de l'université de Nancy, la possibilité de le produire directement sur le site à partir de déchets verts collectés par les collectivités et traités pour augmenter leur pouvoir calorifique (craquage à la vapeur). Seul hic : la quantité de déchets verts nécessaire pour alimenter à 50 % une tranche de 600 MW pourrait atteindre 2,5 millions de tonnes/an. Un volume gigantesque qui est équivalent aux gisements des régions Bretagne, Pays de la Loire et Nouvelle-Aquitaine réunis. De plus, malgré son soutien à la centrale de Gardanne partiellement convertie à la biomasse, le ministre de la Transition écologique et solidaire, Nicolas Hulot, s'est dit défavorable à la conversion de Cordemais au regard des volumes de bois concernés. Selon lui, la biomasse doit être réservée à de petites unités valorisant la chaleur en plus de l'électricité. Un dossier à suivre.

1. La centrale de Cordemais comporte deux tranches de 600 MW au charbon et une de 700 MW au fioul.

bénéficiaient du tarif d'obligation d'achat. Il s'agit de quatre réseaux de chaleur : Épinal (Vosges), Orléans (Loiret), Pierrelatte (Drôme) et Saint-Louis (Haut-Rhin). L'unité de gazéification de biomasse CHO Power de Morcenx (11 MWe, Landes) est terminée depuis longtemps, mais l'industriel Europlasma n'est parvenu à rendre l'installation opérationnelle qu'à l'été 2017. Sa particularité est de produire du gaz de synthèse à partir de bois traités chimiquement et d'utiliser la technologie de la torche à plasma pour « cracker » les goudrons produits lors de la réaction. Maintenant que le procédé est calé, Europlasma s'apprête à le dupliquer sur différents territoires : à Thouars (Deux-Sèvres, construction en 2018, mise en route en 2019), Locminé (Morbihan, construction en 2019, mise en route en 2020) et Montauban-de-Bretagne (Ille-et-Vilaine). Par ailleurs,

à Lanvian, dans le Finistère, Soten, spécialiste des centrales à la biomasse, a mis en route au printemps 2017 une cogénération de 5,2 MWe qui brûle des substrats agricoles et alimente des serres. Quant au fabricant de panneaux Egger, il a investi dans une nouvelle chaudière biomasse de 55 MW pour son usine de Rambervillers (Vosges) et dans une turbine de 10 MWe. La mise en service est prévue mi-2018.

Il est à noter que deux derniers projets sont en cours d'achèvement dans le cadre du tarif d'obligation d'achat abrogé en 2016. Leur particularité sera de brûler des déchets : bois traités chimiquement (bois B), voire des CSR¹. Tout d'abord, le groupe de BTP Bonnefoy a lancé la construc-

1. Combustible solide de récupération.

tion d'une unité de gazéification et cogénération de 5 MWe à Mérey-sous-Montrond, dans le Doubs, qui devrait entrer en fonctionnement en septembre 2018. La source d'énergie sera composée de 60 % de bois B issus des déchets du BTP et DIB (déchets industriels banals), de 25 % de déchets de bois issus de la forêt, et de 15 % de CSR. Le second projet est celui de Chartres Métropole Energies, qui se dote d'une cogénération biomasse. L'installation de 8 MWe consommera 64 000 t/an de bois : 75 % de bois B et 25 % de plaquettes forestières. Elle est également attendue pour le courant de l'année 2018.

UN CRE 5 FAVORABLE AUX INDUSTRIELS CONSOMMATEURS DE BOIS

Comme pour l'ensemble des filières renouvelables électriques, le dispositif de soutien de référence pour la production électrique est désormais le complément de rémunération. Pour la filière biomasse solide, le dispositif est associé par un appel d'offres triennal organisé par la CRE (pour les années 2016, 2017 et 2018). Pour chaque période, la puissance cumulée appelée est de 50 MW, dont 10 MW sont réservés aux projets de 0,3 à 3 MW. S'ajoutent à cela 10 MW par période pour les projets de méthanisation.

La première tranche s'est clôturée en août 2016. 41 dossiers de cogénération biomasse ont été déposés, totalisant 156 MW. 12 projets ont été retenus, pour une puissance cumulée de 62 MW. Le tarif moyen de vente d'électricité proposé par les lauréats a été de 122 €/MWh (après pondération par la puissance des installations). Ce tarif est très faible en comparaison du prix moyen qui était sorti de l'appel CRE 4 (supérieur

à 160 €/MWh). Cela s'explique essentiellement par le profil des candidats retenus : pour CRE 5, il s'agit surtout d'industriels du papier ou du bois ayant déjà une chaudière biomasse à laquelle ils adossent une turbine. L'investissement dans la partie chaudière n'est donc pas nécessaire alors que, pour CRE 4, l'ensemble de la cogénération devait être financé. De plus, ces industriels du papier et du bois disposent d'un combustible peu onéreux : les déchets du process. Parmi les lauréats, on peut présenter celui de Fibre Excellence à Saint-Gaudens (Haute-Garonne), qui va remplacer une turbine existante par un nouvel équipement de 25 MW. Autre dossier, celui de Gascogne Papier, à Mimizan (Landes), où l'industriel vient d'installer une chaudière biomasse vapeur de 59 MW thermiques à la place d'une chaudière fioul. La future turbine électrique de 19,38 MW retenue dans le CRE 5 renouvelera une turbine existante. Seul réseau de chaleur retenu dans cet appel d'offres, celui de Grenoble-Alpes Métropole. Une centrale de 8,3 MWe va être construite alimentant le réseau urbain. Ce réseau est le deuxième de France de par sa longueur (170 km). 46 000 équivalents-logements sont desservis (voir 3 questions à).

Les neuf dossiers retenus dans la catégorie « moins de 3 MW » concernent des entreprises de transformation ou de négoce de bois. Trois sont présentés par un même candidat, Carbonex, fabricant de charbon de bois déjà équipé d'une turbine de 3,3 MW, à Gyé-sur-Seine (Aube), financée dans le cadre du CRE 3. L'industriel va investir 60 millions d'euros dans ses centrales car il mise son développement sur le couplage entre carbonisation et production d'électricité verte à partir du gaz de synthèse.

Tableau n° 2

Tarifs d'achat de l'électricité issue de la biomasse

Source : DGEC

Arrêté du 27 janvier 2011 abrogé le 30 mai 2017	Installations de 5 à 12 MWe de puissance	4,34 c€/kWh + prime de 7,71 à 10,62 c€/kWh selon efficacité énergétique
Arrêté du 28 décembre 2009	Installations de 5 à 12 MWe de puissance	4,5 c€/kWh + prime de 8 c€/kWh selon la biomasse consommée + prime de 0 à 5 c€/kWh selon efficacité énergétique
Arrêté du 16 avril 2002	Installations de moins de 5 MWe de puissance	4,9 c€/kWh + prime de 0 à 1,2 c€/kWh selon efficacité énergétique

Une turbine complémentaire de 1,4 MW fonctionnera à Gyé-sur-Seine, à partir de 2019. Deux autres turbines devraient être installées dans une nouvelle unité de production de Carbonex à Lacanau (Gironde, 1,4 MW) et dans une future usine de pellets torréfiés à Bugeat-Viam (Corrèze, 1,7 MW). Ce dernier investissement se ferait en partenariat avec Somival, société d'ingénierie et de conseils basée à Limoges. Les autres dossiers concernent des industriels du bois valorisant leurs chutes en électricité via un ORC (cycle organique de Rankine), une technologie qui évite un investissement lourd dans une chaudière vapeur.

L'appel d'offres CRE 5 est en revanche défavorable aux réseaux de chaleur car l'efficacité énergétique de la cogénération doit être au minimum de 75 %, alors que dans les appels d'offres CRE 3 et 4, ce seuil n'était respectivement que de 50 et 60 %. Un niveau de 75 % exclut les réseaux de chaleur qui ne peuvent pas valoriser l'énergie thermique l'été, au contraire des sites industriels qui ont un débouché chaleur constant sur l'année. Une évolution du cahier des charges serait nécessaire pour changer la donne.

GAZÉIFICATION DE BOIS B ET DE DÉCHETS

La gazéification permet de produire un gaz de synthèse (composé surtout de monoxyde de carbone et d'hydrogène) à partir de biomasse solide et sèche. Le gaz obtenu est ensuite valorisé sous forme de chaleur et d'électricité avec un haut rendement de conversion. Cette technologie fait l'objet de recherches depuis de nombreuses années et son procédé reste à améliorer. Elle commence doucement à passer en France au stade industriel avec en ligne de mire la valorisation énergétique des déchets et des bois traités chimiquement (bois B). Dès 2006, le producteur d'énergies renouvelables Eneria REN avait mis en place un démonstrateur de 1 MWe à Moissannes (Haute-Vienne). Son projet était alors de dupliquer ce modèle dans 6 centrales biomasse retenues lors de l'appel d'offres CRE 1. Cependant, les difficultés techniques rencontrées n'ont pas permis de concrétiser ces projets. Eneria a par ailleurs équipé la centrale CHO Power d'Europlasma à Morcenx (Landes, 12 MWe), qui traite des

déchets et bois B. Mise en route en février 2014, l'usine ne fonctionne réellement que depuis l'été 2017. Trois projets sont prévus sur le même modèle dans les Deux-Sèvres et en Bretagne.

La startup Cogebio est également engagée dans la gazéification. Elle dispose d'un démonstrateur près de Lyon et une première installation fonctionne depuis 2015 chez Guyenne Papier (Dordogne, 2 MW). Une deuxième unité a été mise en service, fin 2016, chez le fabricant de produits d'étanchéité Soprema (Bas-Rhin, 3 MW) pour des usages thermiques uniquement. Des tests de combustion avec du bois B sont prévus. Autre exemple, le fabricant de chaudières Leroux & Lotz a inauguré fin 2017, sur son site de Nantes, une plateforme d'expérimentation de gazéification sur lit fluidisé. L'industriel commencera en 2018 la construction d'une centrale de 5 MWe dans le Doubs, chez l'industriel Bonnefoy, spécialisé dans le déchet. Des start-up se lancent par ailleurs dans la livraison clé en main de modules de cogénération après gazéification de la

Quelques sites pour aller plus loin :

- ✓ www.cibe.fr
- ✓ www.cogenerationbiomasserhonealpes.org
- ✓ La rubrique "cogénération" de la revue *Énergie plus* (www.energie-plus.com)
- ✓ La rubrique "cogénération" du club ATEE www.atee.fr
- ✓ France Biomasse Énergie, commission biomasse du Syndicat des énergies renouvelables : www.enr.fr

biomasse. C'est le cas de Naoden, qui a installé un premier équipement de 27 kWe, fin 2016, chez un producteur et transformateur de fruits biologiques, au sud de Nantes. La société Mini Green Power dispose de deux démonstrateurs de 50 kWe dans le Var et vient d'installer une unité de 200 kWe en Sicile. Enfin, la plateforme de recherche Gaya, développée par Engie, a été inaugurée en octobre 2017. L'expérimentation portera sur la préparation de la biomasse, sa gazéification et ensuite la méthanation du gaz de synthèse pour produire du biométhane injecté dans le réseau. ●



3 QUESTIONS

de l'Observatoire
des énergies renouvelables



à **Bertrand Spindler**,
vice-président
délégué à
l'énergie et à
l'aménagement
numérique de
Grenoble-Alpes
Métropole

1 Vous disposez du deuxième plus grand réseau de chaleur français (170 km de linéaire). Quelle place prévoyez-vous pour le bois dans le mix énergétique dans les prochaines années ?

Aujourd'hui, la première énergie de notre réseau est la chaleur fatale de l'usine d'incinération (35 % du total), suivie par le bois (26 %) et le charbon (23 %). Notre objectif est d'éliminer totalement le charbon d'ici 2025 et de faire passer la part du bois à 35 %. La consommation en bois du réseau va passer de 90 000 t/an (en 2016) à 180 000 t/an (à partir de 2020). Pour l'approvisionnement, la métropole compte sur son territoire, qui dispose de nombreuses forêts de montagne. Nous avons mis en place un schéma directeur pour structurer la filière bois-énergie en partenariat avec les intercommunalités voisines, qui ont, par ailleurs, leurs propres projets de réseaux de chaleur au bois.

2 Pourquoi avez-vous choisi la cogénération pour augmenter votre mix biomasse ?

Nous avons envisagé la cogénération et la chaleur seule car nous n'étions pas certains d'être retenus par l'État parmi les candidats à l'appel d'offres CRE 5. Mais notre préférence allait à la cogénération car notre objectif est d'utiliser aussi la chaleur issue de la biomasse pour produire de l'électricité, comme nous le faisons déjà dans l'usine d'incinération d'ordures ménagères. Certes, l'investissement est plus élevé que pour une chaufferie seule, mais la production d'électricité apporte des revenus complémentaires, elle permet de limiter le prix de vente de la chaleur aux abonnés du réseau et augmente notre production d'EnR électrique. La future centrale Biomax (8,3 MWe) va y contribuer à partir de 2020. Elle fonctionnera d'octobre à mai et sera arrêtée l'été.

3 Biomax est le seul projet sur réseau de chaleur retenu en CRE 5. Comment envisagez-vous la vente d'électricité sur le marché ?

Effectivement, le nouvel appel d'offres n'assure plus un tarif d'achat comme les précédents, mais est basé sur le mécanisme « marché + prime ». Ce nouveau mécanisme est plus risqué pour les collectivités qui doivent vendre l'électricité produite sur le marché, ce qui est une activité risquée et compliquée. Elles font souvent le choix de confier cette mission à un agrégateur dont le métier est de travailler avec le marché spot de l'électricité. Nous ne savons pas encore comment nous allons nous y prendre, mais cela rajoute des incertitudes et de la complexité. Cela explique que certaines collectivités hésitent avant de se lancer. En ce qui nous concerne, nous aurions préféré l'ancien dispositif. ●

CHIFFRES CLÉS

*Puissance électrique installée
à fin septembre 2017 (méthanisation et ISDND)*

412 MW

Production électrique en 2016

1 965 GWh

*Objectif 2018
des installations de méthanisation*

137 MW
(130 MW installés fin septembre 2017)

*Objectif 2023
des installations de méthanisation*

237 – 300 MW

*Emplois dans la filière à fin 2016
(toutes valorisations)*

1 570

*Chiffre d'affaires dans la filière en 2016
(toutes valorisations)*

372
millions d'euros



Unité biogaz à Auch
(Gers – Occitanie).

Jean-Marie Taddei

Après la revalorisation des tarifs fin 2016 et l'allongement des contrats sur vingt ans, les projets sortent, doucement, de terre. Les acteurs du biogaz se sont attachés à diminuer les risques et à sécuriser les financements. La filière se structure peu à peu.

412 MW DE PUISSANCE ÉLECTRIQUE RACCORDÉE À FIN 2017

Selon le tableau de bord trimestriel de la filière publié par le service de la donnée et des études statistiques (SDES), au 30 septembre 2017, le parc français de production d'électricité d'origine biogaz s'élevait à 531 sites pour une puissance totale installée de 412 MWe. Au cours de l'année 2016, 74 nouvelles installations ont été réalisées pour une puissance de 31 MW. Un chiffre en recul par rapport à celui de 2015, qui avait vu le raccordement de 41 MW. Les neuf premiers mois de 2017 prolongent la tendance d'activité de l'année passée puisque 19 MW supplémentaires ont été raccordés. Un chiffre très proche de celui observé au cours des neuf premiers mois 2016 : 14 MW. L'électricité produite en 2016 a été de 1822 GWh, soit 0,4 % de la consommation électrique nationale.

Les régions d'Île-de-France, de Nouvelle-Aquitaine, des Hauts-de-France et du Grand Est représentent à elles seules la moitié de la puissance totale installée pour la production électrique à partir de biogaz. L'Île-de-France occupe la première place, avec 71 MW installés, dont pratiquement la totalité (70 MW) est issue d'unités de stockage de déchets. Les installations exploitant le biogaz issu des centres de stockage de déchets (ISDND) représentent 63 % de la puissance totale installée en France. Néanmoins, au cours du premier semestre 2017, neuf unités sur dix raccordées étaient des installations de méthanisation.

DES PERSPECTIVES ENCOURAGEANTES POUR LA MÉTHANISATION AGRICOLE

Si le bilan 2017 n'est pas encore connu, les professionnels de la filière se déclarent tout de même plus sereins qu'ils ne l'étaient l'année précédente. En effet, durant toute

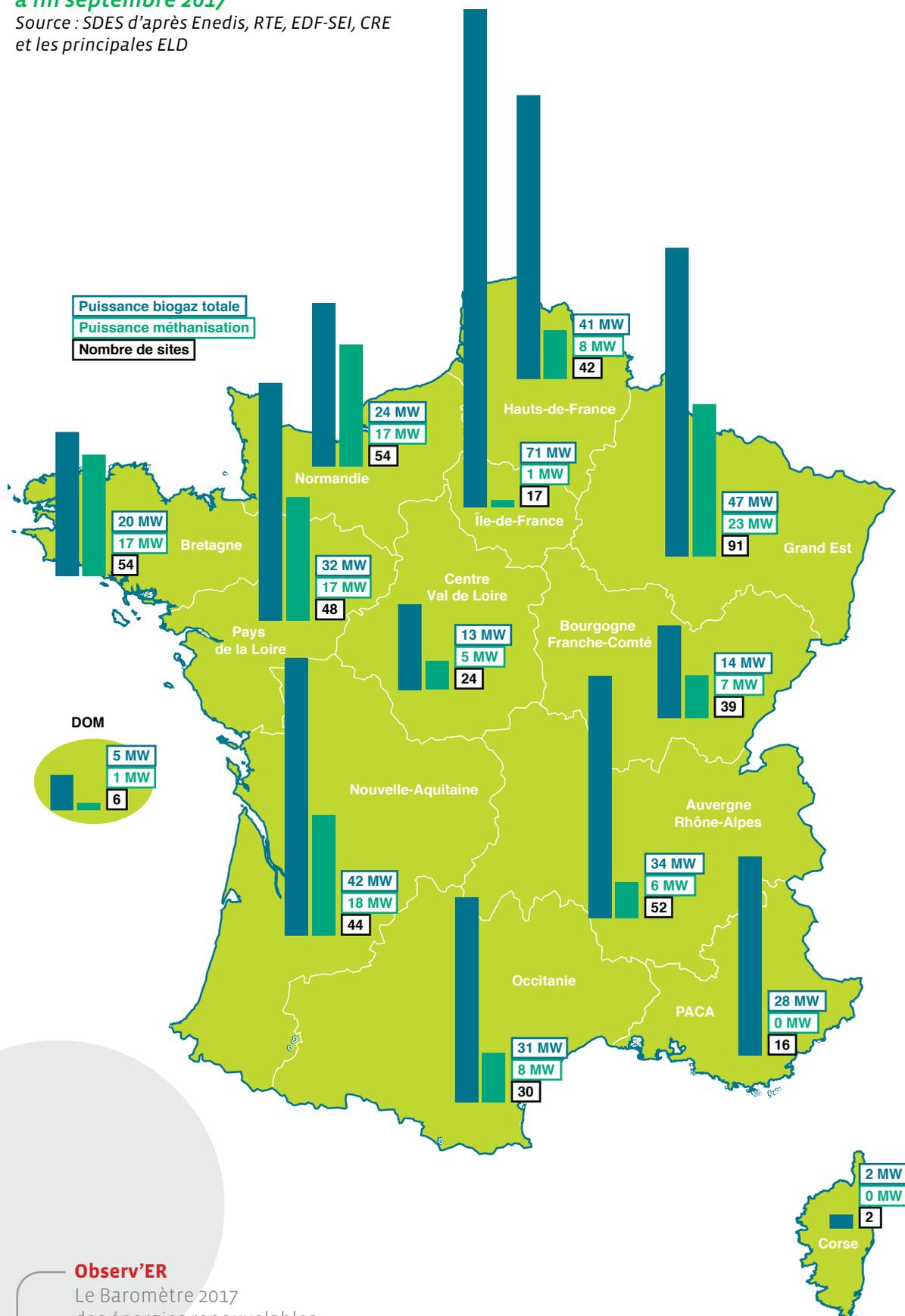
l'année 2016, les porteurs de projets agricoles ou centralisés étaient dans l'attente de la revalorisation des tarifs et de l'allongement du contrat de vente de l'électricité de quinze à vingt ans. Cette annonce avait été faite plus d'un an auparavant et bon nombre de projets ont été retenus pour cette raison. Maintenant que ces dispositions ont officiellement été appliquées, le secteur s'attend à une accélération de son développement. Les professionnels ambitionnent 150 nouvelles réalisations en 2017, contre 87 projets en cours en 2016 et 88 en 2015, selon l'Ademe. La production qui en serait issue devrait atteindre 355 GWh en électricité et 300 GWh thermique.

La filière a également travaillé sur le financement des unités en rassurant les banques, frileuses depuis quelques mauvais retours sur des sites en cogénération. Ainsi en février 2017, l'Association d'initiatives locales pour l'énergie et l'environnement (Aile), basée à Rennes (Ille-et-Vilaine), et l'Agence Auvergne - Rhône-Alpes énergie environnement ont publié un guide de conseils pour financer un projet de méthanisation. En décembre 2017, le Club Biogaz de l'ATEE a organisé une conférence sur la démarche qualité des installations, pour uniformiser les types de procédé et mettre en place un référentiel de formations. Ce travail porte ses fruits et les unités qui étaient en projet depuis plusieurs années commencent enfin à sortir de terre. Ainsi, en région Centre Val de Loire, alors que seulement 17 unités avaient vu le jour en dix ans, 10 ont été mises en construction pour la seule année 2017 et 12 projets ont fait l'objet d'une demande de subvention à l'Ademe. « *Les exigences des banques sont moins fortes. Elles acceptent des garanties*

Carte n° 1

Cartographie des puissances biogaz électriques installées en France à fin septembre 2017

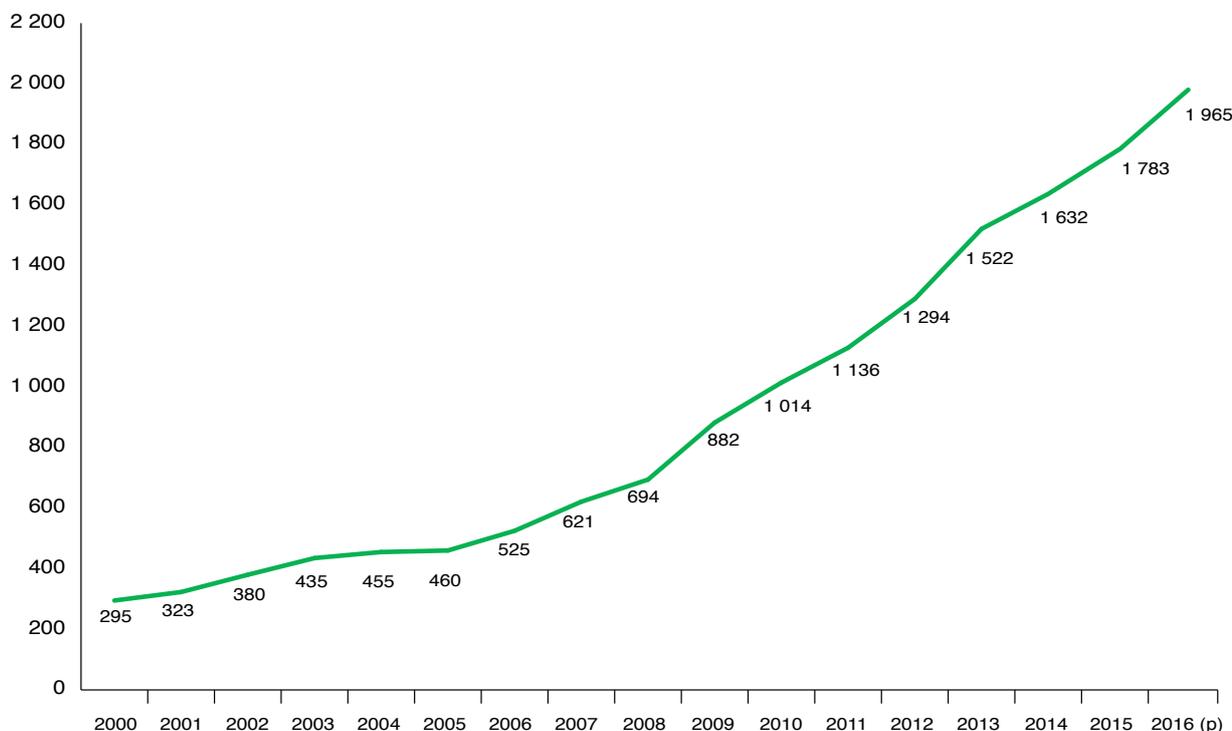
Source : SDES d'après Enedis, RTE, EDF-SEI, CRE et les principales ELD



Graphique n° 1

Évolution de la production d'électricité d'origine biogaz en France (métropole + DOM) (en GWh)

Source : SDES 2017



(p) : chiffres provisoires

personnelles de 10-12 % , alors qu'avant elles étaient autour de 20 % », explique un acteur de la filière. Aujourd'hui, le modèle français qui se structure est plutôt fondé sur des installations collectives ou mutualisées. Au niveau des intrants, bien que dans la majorité des sites on observe une mixité des déchets traités, la voie sèche ou solide (20 à 50 % de matière sèche) se développe. En parallèle, la petite méthanisation, voire microméthanisation (moins de 60 kW), poursuit son chemin. Les agriculteurs sont en demande de ce type de sites qui s'adaptent très bien au contexte d'une seule ferme et évitent le regroupement d'exploitations. L'un des principaux obstacles au développement des petites unités de méthanisa-

tion est une rentabilité souvent difficile à atteindre. Le relèvement des tarifs, intervenu en décembre 2016, devrait apporter une bouffée d'oxygène à ces petits projets pour lesquels les aides publiques restent essentielles. Parmi les actions notables, la région Bretagne a lancé un appel à projets pour développer ce type d'unités et une vingtaine de projets seraient dans les tuyaux.

LES CENTRES DE STOCKAGE DIVERSIFIENT LEUR VALORISATION

Influencés par une baisse de la taxe générale sur les activités polluantes (TGAP) lorsque des sites intègrent un dispositif de



Plusieurs technologies pour une même filière

Le biogaz provient de la fermentation, en l'absence d'oxygène, de la matière organique (effluents d'élevage, déchets agroalimentaires, boues d'épuration, déchets ménagers, etc.). C'est une énergie aux valorisations multiples (chaleur, électricité, gaz renouvelable, carburant), dont la production est prévisible et stockable. Pour cette filière, plusieurs types d'installations existent, en fonction du type de déchets traités.

1. **Les décharges (ou installations de stockage de déchets non dangereux, ISDND).** Selon le tableau de bord du SDES, il y avait à fin juin 2017 147 installations enregistrées sur le territoire valorisant le biogaz généré spontanément par la fermentation des déchets, pour une puissance totale de 257 MW. Les installations exploitant le biogaz issu des ISDND sont moins nombreuses que les installations de méthanisation, mais de puissance unitaire moyenne importante (1,7 MW). Elles contribuent ainsi à plus des deux tiers de la puissance totale installée.
2. **Les ordures ménagères.** En 2017, selon la carte Sinoé, 16 unités de tri-mécanisation-biologique (TMB) produisent du biogaz. Ce tri automatique sépare la fraction fermentescible et les matières recyclables des déchets résiduels. Le développement du TMB est aujourd'hui quasiment stoppé en raison de mauvais retours d'expériences.
3. **Les sites industriels.** Quatre-vingt-quatre installations traitent les effluents issus de l'activité d'entreprises du secteur de l'agroalimentaire, de la chimie, etc. Le biogaz a surtout pour objectif de produire la chaleur nécessaire au process.
4. **Les stations d'épuration urbaines.** Cent un équipements sont en fonctionnement fin 2017. Les boues sont aussi digérées dans des méthaniseurs. L'énergie thermique assure le séchage des boues et parfois aussi l'alimentation d'un réseau de chaleur. La plupart des projets actuels d'unités de valorisation de biogaz dans des stations d'épuration urbaines prévoient une injection dans le réseau de gaz naturel.
5. **Les installations de méthanisation agricole.** Ces sites de méthanisation sont généralement liés à une ou plusieurs exploitations agricoles pour y valoriser essentiellement les lisiers et, dans une moindre mesure, des déchets agroalimentaires. On distingue deux catégories d'installations : les sites de méthanisation à la ferme gérés par un seul agriculteur (en moyenne 200 kWe de puissance), et les unités dites territoriales, qui souvent traitent des effluents issus de plusieurs élevages ainsi que des déchets industriels ou de collectivités (en moyenne 1,2 MWe de puissance). Début 2017, l'Ademe recensait 320 unités à la ferme et centralisées en fonctionnement, pour une puissance cumulée de 90 MWe.

Les digestats enfin reconnus comme fertilisant

Les agriculteurs méthaniseurs attendaient cette décision depuis plusieurs années. L'arrêté du 13 juin 2017 est enfin venu approuver un cahier des charges pour la mise sur le marché et l'utilisation de digestats issus de méthanisation agricole en tant que matières fertilisantes. Pour rappel, le digestat est le produit résidu de la méthanisation, composé de matières organiques non biodégradables (lignine), de matières minérales (azote, phosphore) et d'eau.

Marc Schlienger, délégué général du Club Biogaz, se félicite de cette avancée que la profession, dans son ensemble, appelait de ses vœux : « C'est une preuve de l'avantage unique de la méthanisation par rapport aux autres énergies renouvelables en termes d'économie circulaire et de respect des cycles écologiques. » Ces digestats peuvent ainsi servir de fertilisants pour les sols et se substituer aux fertilisants d'origine fossile. Cela simplifie les plans d'épandage. Le ministère de l'Agriculture est également en train de revoir les règles d'hygiénisation des sous-produits animaux. Des dérogations seront possibles pour les unités utilisant à petite dose des sous-produits de catégorie 3 comme le lait et le colostrum.

valorisation du biogaz produit, les industriels du déchet cherchent à optimiser leurs installations. Cela se voit au niveau de la production d'électricité : 147 installations de stockage de déchets non dangereux (ISDND) produisent de l'électricité en mode cogénération. De plus, un arrêté du 27 avril 2017 a également introduit la possibilité pour les exploitants de centres de stockage d'avoir une valorisation du biogaz en injection sur le réseau.

C'est sur ce créneau qu'intervient la société Waga-Energy, qui a mis au point une technologie pour récupérer, purifier, puis injecter le biométhane sous la forme d'unités baptisées Wagabox®. Après avoir installé une Wagabox® à Saint-Florentin (Yonne), puis à Saint-Maximin (Oise), la start-up a scellé un contrat avec le syndicat mixte Trigone, dans le Gers, à Pavie. Elle va investir 3 millions d'euros pour mettre en service une Wagabox® dès juin 2018. Adaptée à la taille du site d'enfouissement

(40 000 t), la capacité de l'unité installée pourra atteindre 15 GWh/an. Elle prend en charge la construction, l'installation et l'exploitation, achète le biogaz et revend le biométhane à un énergéticien. Waga-Energy prévoit de déployer une centaine de Wagabox® dans le monde au cours des dix prochaines années.

NOUVEAUX MÉCANISMES DE SOUTIEN

Depuis le 1^{er} janvier 2017, le biogaz, comme l'ensemble des filières renouvelables produisant de l'électricité, a adopté un nouveau mécanisme de soutien. Celui-ci est double. Pour les installations inférieures à 500 kW, c'est le tarif d'achat garanti qui continue de s'appliquer sous la forme de guichet ouvert, les porteurs de projets pouvant à tout instant déposer un dossier de raccordement pour une nouvelle unité. Ce tarif a par ailleurs été revalorisé en

décembre 2016 et sa durée est désormais de vingt ans (contre quinze auparavant). Dans la meilleure configuration (puissance de 80 kW et prime maximum pour le traitement des effluents d'élevage), le tarif est de 22,5 c€/kWh, contre 22 c€/kWh avec le tarif précédent. Dans le cas le plus défavorable (500 kW et pas d'effluents d'élevage), le tarif est de 15 c€/kWh, contre 16,5 c€/kWh avec le tarif précédent. En revanche, il n'y a plus de prime d'efficacité énergétique et le tarif sera dégressif à partir de 2018.

Au-delà de 500 kW, le complément de rémunération se substitue au tarif d'achat. Une prime vient s'ajouter au prix de vente obtenu sur le marché de l'électricité et les nouveaux projets doivent s'intégrer dans une procédure d'appel d'offres. En mars 2017, deux unités ont été retenues dans le cadre d'un premier appel d'offres biomasse/biogaz. Il s'agit du projet Métha-Goasmin (510 kW), méthanisation à la ferme à Plusquellec, en Bretagne, et de celui d'Agrimaine Méthanisation (3,58 MW) à Charchigné, dans les Pays de la Loire.

Autre coup de pouce de l'État, la prise en charge à hauteur de 40 % des coûts de raccordement au réseau électrique. Même si cette mesure ne représente que quelques centaines de milliers d'euros sur des projets de plusieurs millions, elle montre la volonté de l'État de soutenir la filière.

LA MONTÉE EN PUISSANCE DE L'INJECTION SE CONFIRME

Dans le prolongement du mouvement observé depuis deux ans, la filière biogaz française s'oriente de plus en plus vers l'injection dans le réseau gaz. En septembre 2017, 36 unités de biogaz injectaient du biométhane sur le réseau, soit 12 de plus qu'en décembre 2016. Selon le tableau de bord du biométhane du ministère de

la Transition écologique, la capacité d'injection de biométhane est de 533 GWh/an (au 30 juin 2017). Les installations qui produisent du biométhane sont principalement des unités de méthanisation (78 %) d'une capacité unitaire inférieure à 15 GWh/an. Les régions Grand Est, Hauts-de-France et Île-de-France concentrent la moitié des capacités installées et 54 % des injections depuis le début de l'année. Au troisième trimestre 2017, 297 projets étaient en file d'attente pour une capacité de 6 501 GWh/an.

Côté production, le biométhane injecté dans les réseaux a atteint le chiffre de 97 GWh au cours du deuxième trimestre 2017. Même si ce niveau ne représente qu'une part extrêmement faible du gaz distribué en France (moins de 0,1 %), le phénomène monte indéniablement en puissance. À l'occasion des Rencontres biométhane (Bretagne - Pays de la Loire), à Nantes en décembre 2016, GRDF a présenté les retours d'expérience de 11 sites étudiés depuis un an. Le bilan est positif puisque la grande majorité fonctionne bien : la quantité annuelle d'énergie injectée pour 10 des 11 sites se situe entre 90 et 104 % du débit maximal théorique. Parmi les 16 sites agricoles mis en service avant 2016, 80 % ont demandé une augmentation de capacité, de 15 à 40 %. Du côté de l'épuration du biogaz pour obtenir le biométhane, l'offre s'est diversifiée très rapidement. On trouve aujourd'hui des techniques d'adsorption, de séparation membranaire, et bientôt de cryogénie, proposées par une multitude d'acteurs : Verdemobil, Carbotech, Greenlane, Chaumeca, Air Liquide, Biogast ou Prodeval. « *Toutes les techniques conçues par tous les industriels en*

Une économie autour du biogaz en Maine-et-Loire

Le biogaz devient le fer de lance de l'économie du Maine-et-Loire, comme le souligne Christian Gillet, le président du conseil départemental. « Le gaz est une des énergies d'avenir. Avec la chambre d'agriculture et l'Ademe, nous avons mis en place un schéma départemental de la méthanisation. Aujourd'hui, nous sommes en train de développer un cluster d'entreprises sur la méthanisation au niveau de la région et nous avons lancé une étude sur le poids du gaz dans notre économie. »

Le département compte déjà 25 unités de méthanisation, et 50 devraient voir le jour à terme. Sur le Pays des Mauges par exemple, la production de gaz vert devrait atteindre 30 % en 2025. Un chiffre bien au-delà des objectifs de la loi sur la transition énergétique, qui vise 10 % de gaz vert dans les réseaux en 2030. Le Syndicat intercommunal d'énergie de Maine-et-Loire, le SIEM, les régions Pays de la Loire et Bretagne, et les acteurs du territoire réfléchissent au premier réseau de gaz intelligent, via le projet West Grid Synergy. L'objectif : faire en sorte que le réseau puisse accueillir la totalité de la production de biométhane et que cette production soit pilotée en fonction des consommations.

service aujourd'hui donnent satisfaction. C'est une belle preuve du dynamisme de la filière », souligne Michel Kersach, responsable des projets biométhanés pour GRDF Pays de la Loire.

UNE FILIÈRE QUI POURSUIT SA STRUCTURATION

Pour 2016, l'Ademe évalue à près de 372 millions d'euros les marchés liés à la valorisation énergétique du biogaz, pour un nombre d'emplois directs de 1 570 : des chiffres en progression continue depuis le milieu des années 2000. Le secteur français du biogaz rassemble une grande diversité d'acteurs dont les compétences couvrent l'ensemble des étapes d'un projet : étude de faisabilité, développement, maîtrise d'œuvre, construction, fourniture d'équipements ou exploitation.

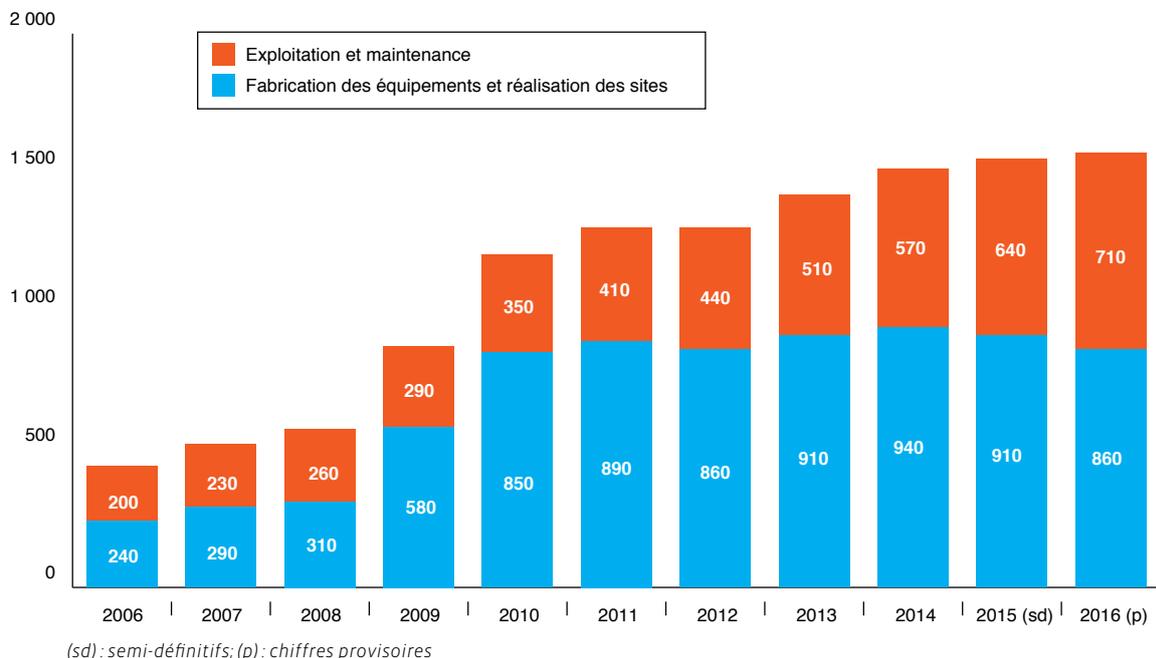
Dans le domaine de la méthanisation agricole, la société AgriKomp est incontournable (800 installations de biogaz pour une

puissance de 250 MW en Europe). La filiale française de ce groupe allemand a son siège à Blois (Loir-et-Cher) et possède une cinquantaine d'unités en fonctionnement pour une puissance totale de 10 MW. L'entreprise embauche régulièrement et recherche des profils de techniciens de maintenance (bac+2) pour assurer un service après-vente rapide. Actuellement, c'est le marché du biométhane, et plus spécifiquement celui de l'épuration, qui est le plus actif en matière de nouveaux acteurs. Les entreprises s'y multiplient pour répondre au potentiel existant. C'est le cas d'Arol Energy, une start-up d'une dizaine de salariés, créée en 2012, qui a mis au point un procédé de lavage chimique du biogaz aux amines pour éliminer le CO₂ et qui aujourd'hui est mature. Ce procédé permet d'améliorer le rendement de l'élimination (99,95 % de biométhane transformé) et de diminuer fortement la consommation

Graphique n° 2

Nombre d'emplois directs en équivalents temps plein dans le secteur du biogaz en France

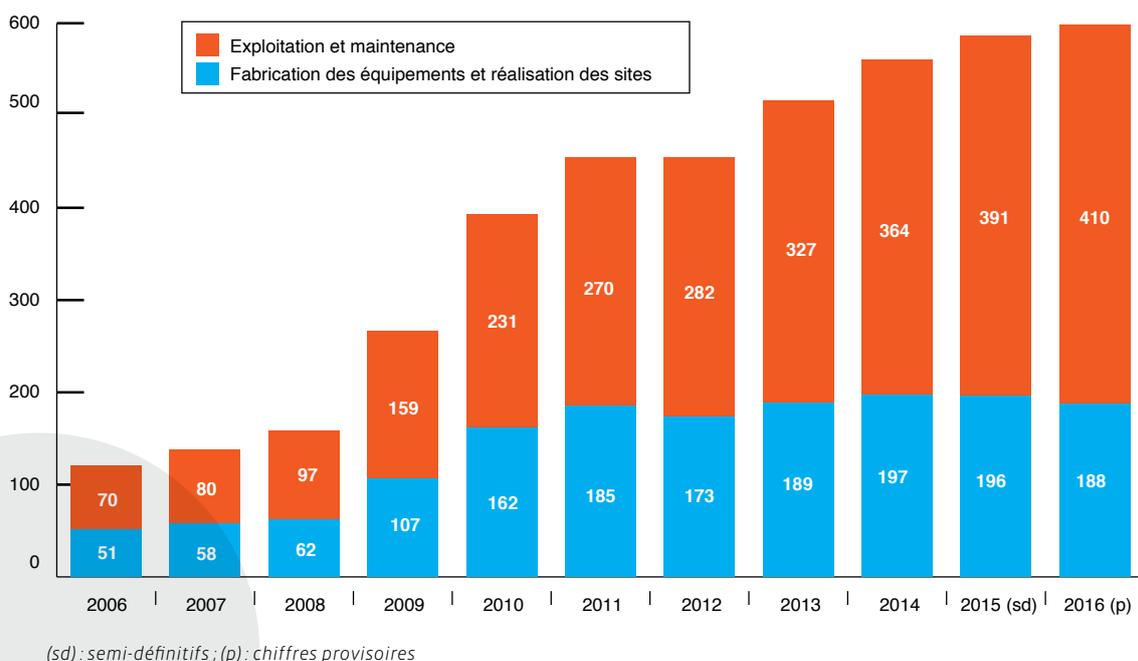
Source : « Marché et emplois dans le domaine des énergies renouvelables », Ademe juillet 2017



Graphique n° 3

Chiffre d'affaires du secteur en millions d'euros

Source : « Marché et emplois dans le domaine des énergies renouvelables », Ademe juillet 2017



énergétique nette de la purification du biogaz. Dans le domaine de l'épuration, Chaumeca se distingue. Cette entreprise d'une cinquantaine de personnes, spécialisée dans le traitement des gaz, a équipé la première installation d'injection de biométhane à Lille Métropole en 2015. Depuis, quatre projets sont en cours de construction – Cholet, Le Touquet, Bourges, Préchacq-Navarrenx (Pyrénées-Atlantiques) – et dix sont contractualisés. Depuis mars 2017, la PME a rejoint AirFlux, un groupe de 250 salariés spécialisé dans la compression d'air et le service. En juillet, le fonds d'investissement des Hauts-de-France dédié à la troisième révolution industrielle (Cap3RI) a investi 1 million d'euros au capital d'Airflux-Chaumeca pour permettre le développement de cette entreprise.

Avec la structuration de la filière, la profession souhaite organiser et définir les standards de bonnes pratiques d'exploita-

Quelques sites pour aller plus loin :

- ✓ www.ademe.fr
- ✓ www.atee.fr/biogaz
- ✓ www.ecologique-solidaire.gouv.fr/biogaz
- ✓ www.biogaz-europe.com
- ✓ www.france-biomethane.fr

tion des sites et de compétences requises. Ainsi, l'Ademe, le Club Biogaz de l'ATEE, l'Association des agriculteurs méthaniseurs et les chambres d'agriculture sont en train d'établir un référentiel de bonnes pratiques pour permettre aux professionnels de fixer des engagements en amont de leur projet et de bénéficier des bonnes formations pour le financement, la conduite du projet et l'exploitation. Cela pourrait déboucher sur la création d'un certificat professionnel d'exploitant d'unité de méthanisation. ●



3 QUESTIONS

de l'Observatoire des énergies renouvelables



à **Cédric de Saint-Jouan**,
président du
think tank France
biométhane

1 En 2017, le nombre de projets en injection de biométhane a nettement augmenté. Comment qualifiez-vous cette année ?

Six ans après la sortie du tarif d'obligation pour le gaz, les projets se concrétisent et la France compte 36 unités de typologies très différentes : 24 détenues par des agriculteurs isolés ou regroupés, 9 provenant des stations d'épuration ou de décharges, et seulement 3 unités territoriales agro-industrielles. Ce décollage reste fragile : si nous avons un retour sur les projets agricoles, seule une centrale agro-industrielle a plus d'un an d'exploitation. Nous sommes donc encore dans un processus d'acquisition du retour d'expérience.

2 Comment accompagner la structuration de la filière ?

L'enjeu principal se situe autour du financement. Les banquiers restent très prudents. Après avoir essuyé une série de revers avec des projets de méthanisation valorisés en cogénération, ils scrutent les premiers retours des centrales d'injection gaz. Si la technologie fonctionne indubitablement, les process restent complexes (temps de développement très longs, approvisionnement des intrants, maintenance, épan-

dage). Plusieurs acteurs travaillent à une standardisation des procédés pour minimiser le risque et rassurer les financeurs. Par ailleurs, la filière manque d'ensembliers. Ceux-ci comptent trop peu de commandes et ont du mal à s'adapter à la "méthanisation à la française", qui ne permet de méthaniser que des déchets organiques et exclut les cultures énergétiques. Mais nous avons des entreprises françaises dans l'épuration, comme Prodeval, Cryo Pur, Air Liquide... qui sont prometteuses.

Pour que le marché décolle véritablement et confirme l'émergence d'acteurs industriels français, il faut finaliser le dispositif français déjà très complet par une mesure qui rassurera les banques : la prolongation du contrat d'achat du gaz de quinze à vingt ans avec maintien du tarif d'achat comme priorité, puis une série d'autres mesures : fluidification des process de développement, assouplissement des épandages et soutien à l'utilisation du gaz vert en carburant.

3 Que pensez-vous du nouveau gouvernement sur la question du biométhane ?

Nous avons eu la réfaction de 40 % sur les raccordements, qui concerne toutes les filières EnR. C'est un bon signal, mais cela pèse sur le montant global du budget d'un projet. À part cela, nous n'avons pas d'autres signaux en faveur du biométhane. On sent une plus grande urgence sur les problématiques du solaire et de l'éolien. Nous sommes dans l'expectative et il est certain que sans prise en compte de ce besoin des banques d'affaires être sécurisées, nous n'atteindrons pas les objectifs de la programmation pluriannuelle de l'énergie. ●



Valorisation énergétique des déchets. Site Tiru de Calce (Pyrénées-Orientales - Occitanie).

En quelques années, la valorisation énergétique des déchets a connu un bel élan, plus 36 % de cogénération entre 2010 et 2014. Néanmoins, il reste encore des marges de progression pour davantage utiliser l'énergie des déchets. La filière des combustibles solides de récupération (CSR) offre des liens entre le monde des déchets et celui de l'énergie : les premières chaudières sortent de terre.

CHIFFRES CLÉS

Production électrique en 2016

2 324 GWh

Objectif de puissance raccordée à fin 2018

1 350 MW

(portant sur l'incinération de déchets et le biogaz issu de décharges et de Step)

Objectif de puissance raccordée à fin 2023

1 500 MW

(portant sur l'incinération de déchets et le biogaz issu de décharges et de Step)

Emplois directs dans la filière à fin 2016

660

Chiffre d'affaires dans la filière en 2016

215 millions d'euros

FILIÈRE DÉCHETS URBAINS RENOUEVABLES

Observ'ER

Le Baromètre 2017
des énergies renouvelables
électriques en France

DÉCHETS URBAINS RENOUVELABLES

En matière de déchets, la France, comme l'ensemble des pays européens, base sa politique sur une hiérarchie des objectifs posée par la directive cadre européenne de 2008 : prévention d'abord, réutilisation et recyclage ensuite, puis valorisation énergétique, et enfin mise en décharge. En outre, la valorisation énergétique ne doit jamais se substituer à la prévention ou à la valorisation matière lorsque celles-ci sont possibles : elle doit se déployer uniquement sur des flux de déchets qui n'ont pas pu être

évités et qui n'ont pas pu être valorisés sous forme de matière. En France, le pays a adopté en décembre 2016 le plan de réduction et de valorisation des déchets 2025¹, qui constitue le programme opérationnel du volet déchets de la loi sur la transition

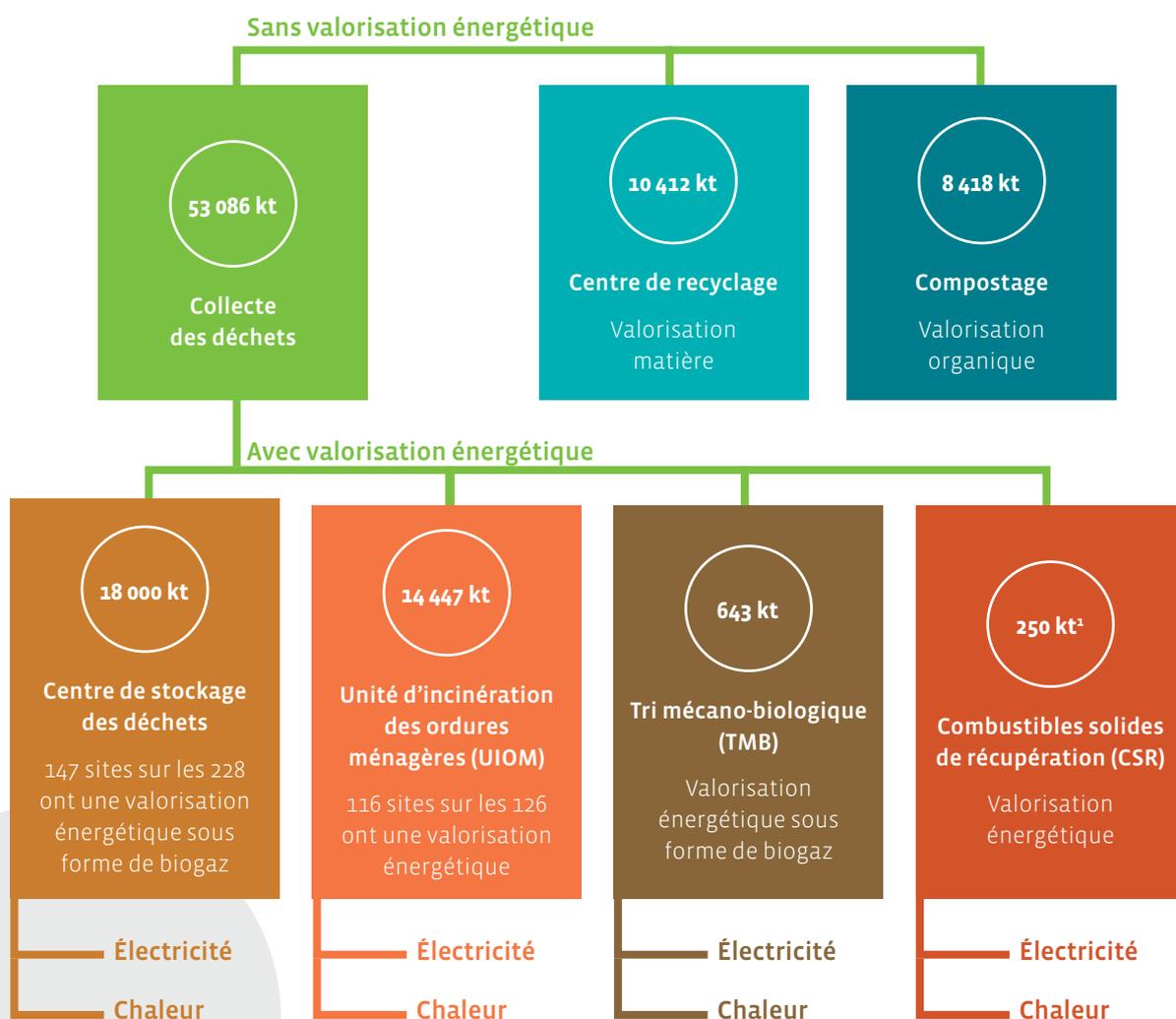


1. "Les avancées de la LTECV : plan de réduction et de valorisation des déchets 2025 - contribution à la stratégie nationale de transition vers l'économie circulaire", décembre 2016.

Schéma n° 1

Les différentes filières de valorisation des déchets collectés

Source : Observ'ER d'après "Déchets - chiffres clés 2016", Ademe.
Les tonnages sont ceux de 2014, sauf CSR (chiffre pour 2016).



Observ'ER

Le Baromètre 2017 des énergies renouvelables électriques en France

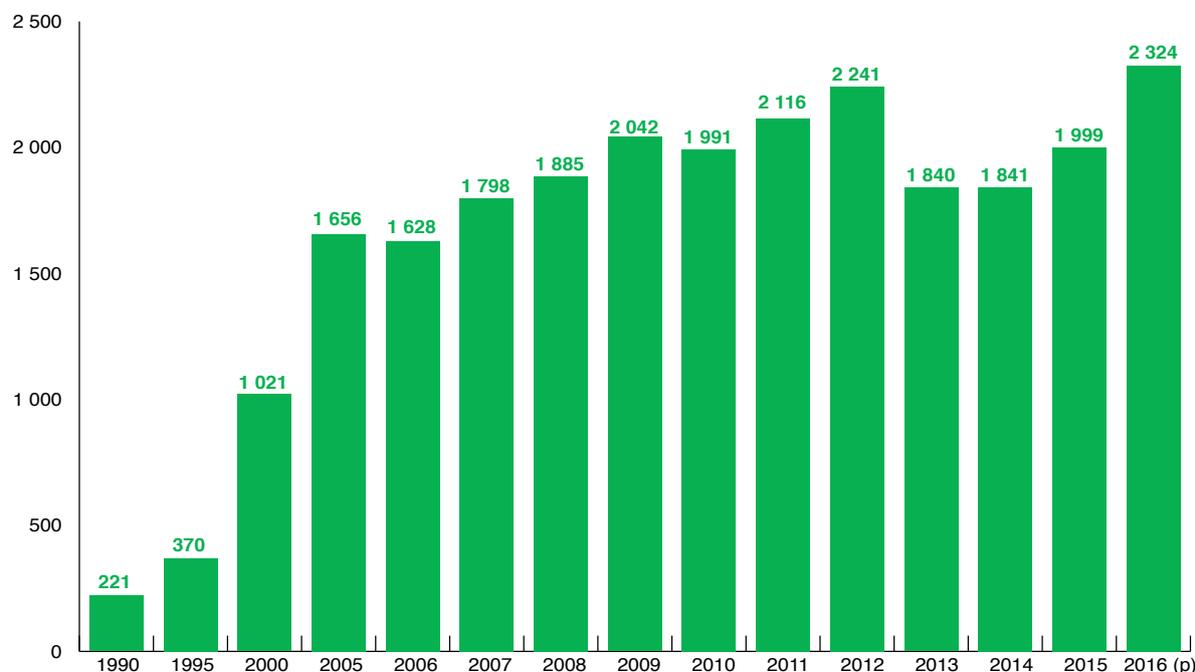
1. Actuellement, les CSR ne sont valorisés que dans des cimenteries. À terme, l'objectif est d'avoir des valorisations électricité et chaleur injectées sur réseaux.

Graphique n° 1

Évolution de la production brute d'électricité issue de l'incinération des déchets renouvelables (en GWh)

Sources : SDES - AIE

(p) : prévisionnel



énergétique. Les trois axes de ce plan pour 2025 sont :

- deux fois moins de déchets non dangereux non inertes en décharge qu'en 2010 (- 30 % en 2020) ;
- deux fois moins de déchets non dangereux non inertes incinérés dans des installations n'atteignant pas le critère d'efficacité énergétique qu'en 2010 (- 25 % en 2020) ;
- la disparition de l'incinération sans aucune valorisation énergétique.

La valorisation énergétique des déchets peut se faire de différentes manières : récupération de la chaleur fatale dégagée par l'incinération des déchets, combustion de CSR, pyrolyse et gazéification des déchets ou encore méthanisation. Ce dernier type de valorisation n'est pas directement traité

dans cette fiche. Il fait l'objet d'une fiche à part entière (voir fiche "biogaz"). En matière de valorisation énergétique des déchets, les derniers chiffres disponibles proviennent de l'Ademe et concernent l'année 2014¹. Selon l'agence, 17 406 GWh ont été produits à partir du traitement des déchets, dont 13 595 GWh par les usines d'incinération d'ordures ménagères (UIOM), 1 777 GWh par les centres de stockage (ISDND), 2 304 GWh par les unités de méthanisation agricole ou industrielle. Quant aux quantités de déchets stockées, les volumes diminuent régulièrement depuis 2000 : de 24,9 mil-

1. "Déchets. Chiffres clés édition 2016", Ademe, décembre 2016.

DÉCHETS URBAINS RENOUEVABLES

lions de tonnes cette même année à 18 millions de tonnes en 2014. Par rapport à 2010 (21 Mt¹), point de référence de la loi sur la transition énergétique, le recul est de 14 % sur le tonnage total.

BELLE PROGRESSION DE L'ÉNERGIE ISSUE DES INCINÉRATEURS

L'incinération est le mode de production d'énergie à partir des déchets le plus répandu. En 2016, le parc d'UIOM français comptait 126 unités, un chiffre stable sur les dernières années. Sur cet ensemble, 113 sont équipées d'un dispositif pour récupérer l'énergie : 64 en valorisation thermique et électrique (cogénération), 25 en électrique et 24 en valorisation thermique seule. Autrement dit, 90 % des incinérateurs valorisent l'énergie. Néanmoins, il n'y en a que 71 qui sont reconnus comme "unités de valorisation énergétique", c'est-à-dire qui atteignent le seuil R1 de 60 ou 65 % d'efficacité de production d'énergie. Côté production, l'incinération avec récupération d'énergie a sensiblement progressé, passant de 10,3 millions de tonnes à 14,4 millions de tonnes entre 2000 et 2014, soit une augmentation de 40 %. Parallèlement la capacité des UIOM sans valorisation énergétique est passée de 1,428 Mt à 0,247 Mt. Entre 2010 et 2014, la cogénération a augmenté de 36 % (en capacité incinérée) alors que le nombre d'unités de valorisation énergétique est resté globalement stable (113 UVE en 2010 et 114 UVE en 2014). Une belle augmentation. Aujourd'hui, une tonne de déchets traitée délivre en moyenne 964 kWh. Ce chiffre se monte à 1 276 kWh/t en cas de valorisation thermique et 422 kWh/t en cas de valorisation électrique. Moins de 2 % des quantités de déchets traités ne sont pas valorisés énergétiquement. Malgré les actions de prévention des

déchets et l'augmentation du recyclage, le plan déchets prévoit un maintien des capacités nationales en France à horizon 2025. Ces capacités seront en effet nécessaires pour accueillir les refus de tri ou les déchets actuellement traités en centre de stockage. Peu de nouvelles constructions sont prévues dans les prochaines années.

ENCORE DES MARGES DE MANŒUVRE DISPONIBLES

Même si la filière a bien évolué depuis une dizaine d'années, il reste encore des marges d'amélioration pour récupérer plus d'énergie. Les unités de valorisation peuvent améliorer encore l'efficacité de la combustion, optimiser la récupération de la chaleur et trouver des débouchés pour mieux valoriser l'énergie. Selon Sandra Le Bastard, ingénieure Ademe pour la valorisation énergétique des déchets, « *une cinquantaine de projets pourraient voir le jour d'ici à cinq ans* ». La chaleur peut être mieux récupérée mais elle peut aussi être mieux utilisée via le raccordement à des réseaux de chaleur urbain disponibles ou à des industriels implantés à proximité de l'unité de l'incinération. Ainsi, à Bessières (Haute-Garonne), à 35 km de Toulouse, le syndicat mixte Decoset (Déchetteries collectives sélectives traitements) a développé des serres agricoles autour de l'usine, baptisée l'Econotre. Cela a permis l'installation de 3 ha de tomates, 10 ha à terme, ce qui représentera alors une production de 2 000 tonnes de tomates. Le réseau de chaleur a été inauguré en juillet 2017. La mise en place d'une technologie de cogénération haute performance, brevetée il

1. Voir tableau p. 19 du plan de réduction et de valorisation des déchets 2025.

Traitement mécano-biologique : l'Ademe invite à la prudence

Le traitement mécano-biologique (TMB) s'applique aux ordures ménagères résiduelles (OMR). À partir de la fraction fermentescible de ces déchets, le TMB permet de produire de l'énergie sous forme de biogaz, de fabriquer du compost, ou de réduire et stabiliser cette fraction de façon à en limiter les nuisances avant sa mise en décharge. Néanmoins, l'Ademe invite les collectivités à la prudence car près de 60 % des TMB n'atteignent pas un niveau de qualité et des rendements suffisants pour permettre une valorisation du compost.

Le TBM peut également être utilisé sur la fraction à haut pouvoir calorifique inférieur (PCI) des déchets traités pour fabriquer du CSR valorisable, notamment en cimenteries. Une idée à développer ? Là aussi, il faut réfléchir, car le CSR ainsi fabriqué est de qualité moyenne, alors que des combustibles de meilleure qualité sont accessibles à partir de déchets d'activités économiques ou de refus de centres de tri. Le contexte local est donc à observer attentivement avant tout investissement dans un traitement mécano-biologique, car ses CSR peuvent se trouver en concurrence frontale avec d'autres CSR pour des débouchés en nombre limité.

y a quelques années par le groupe Suez, permet à Econotre d'atteindre une performance énergétique de 86 %. Sa production annuelle d'électricité est de 100 000 MWh, soit l'équivalent de la consommation énergétique domestique annuelle de 17 700 foyers. Mais cela nécessite des capacités de financement importantes. À Bressières, 18 millions d'euros ont été investis, dont 15 millions pour la seule création des serres.

Pour diminuer les frais de raccordement, l'Ademe a mis en place, depuis 2015, une aide "chaleur fatale" sur le Fonds chaleur. Elle s'adresse aussi bien aux UIOM qu'aux industriels. En 2016-2017, des villes comme Le Mans, Blois, Nantes ou Toulouse ont fait le choix de créer ou d'étendre leur réseau de chaleur jusqu'à un UIOM. Autre coup de pouce : la fiscalité. La taxe globale sur les activités polluantes (TGAP) est diminuée pour les installations performantes, qui

atteignent le seuil de R1. L'aide de l'Ademe varie en fonction de trois démarches : être certifié ISO14001, limiter les valeurs d'émission d'oxyde d'azote à moins de 80 mg/Nm₃ et prouver que l'on dépasse le seuil de 65 % d'efficacité énergétique (modulations cumulatives). Néanmoins, les acteurs de la filière s'inquiètent des restrictions budgétaires de l'Ademe. Ils craignent que le manque de visibilité pour les années à venir fasse retomber la dynamique. Autre handicap, l'abrogation de l'arrêté du 2 octobre 2001 fixant les conditions d'achat de l'électricité produite par les installations qui valorisent des déchets ménagers et assimilés en date du 28 mai 2016. La filière attend depuis le nouvel arrêté relatif au complément de rémunération de l'électricité pour les nouvelles lignes de valorisation énergétique (lire "Trois questions à").

LES CSR, UNE FILIÈRE QUI ÉMERGE

Les combustibles solides de récupération sont composés de bois, plastiques, papiers, cartons ou tissus non recyclables. Ils sont préparés à partir de déchets non dangereux tels que les refus de déchets industriels banals, les déchets du BTP, les refus de collectes sélectives, des emballages, les encombrants de déchèteries ou les refus de compostage ou de méthanisation / compostage d'OMR à haut pouvoir calorifique voire les OMR après tri à la source des biodéchets et des recyclables. En clair, une grande partie des déchets que l'on ne peut pas recycler. L'objectif de cette nouvelle filière est de produire de l'énergie en substitution d'énergies fossiles et de répondre à la diminution des déchets mis en décharge. L'Ademe et la Fédération des entreprises du recyclage (Federec) estiment la capacité de production de combustibles solides de récupération à environ 700 000 tonnes/an. Cependant, la production française de CSR en 2016 n'était que de l'ordre de 250 000 t/an, pour, faute de débouchés, une utilisation essentiellement en cimenteries. À l'horizon 2025, l'enjeu est de détourner du stockage 2,5 Mt de CSR qui seront pour partie consommées par les cimentiers (estimation de 1 Mt par an). Il faut donc créer des installations dédiées de production d'énergie à partir de CSR pour une capacité d'environ 1,5 Mt de déchets.

Ces types de combustibles relèvent aussi bien du domaine des déchets que de celui de l'énergie. Leur combustion, dans des chaudières spécifiques, permet de générer de la chaleur qui peut être utilisée dans un process industriel en substitution d'énergie fossile. Cette chaleur peut aussi être valorisée sur un réseau de chaleur urbain avec, le cas échéant, une production d'électricité dans les périodes où les besoins de chaleur sont plus faibles. Le dimensionnement des

nouvelles chaufferies s'effectue donc en fonction des besoins énergétiques en aval. Ces chaufferies se différencient ainsi d'un incinérateur par leur finalité de production d'énergie (et non d'élimination de déchets) et par la nature des déchets utilisés pour préparer les CSR (refus de tri / refus de traitement de déchets) et sont classées sous la nouvelle rubrique ICPE 2971, définie par le décret n° 2016-630 du 19 mai 2016.

En 2016, l'Ademe a lancé un appel à projets pour la construction de ces nouvelles chaufferies fonctionnant au CSR. Seule la production de chaleur est soutenue, sauf pour les Dom-Tom. Parmi les quatorze dossiers déposés, l'agence a retenu trois projets : BioSynErgy Breizh (Suez Grand Ouest), Blue Paper (Strasbourg) et Ileva (La Réunion). Le premier, à Carhaix, en Bretagne, consiste à alimenter une chaudière de 25 MW qui chauffera une usine de production de poudre de lait. Le second vise la substitution de deux chaudières à gaz par une chaudière CSR de 18 MW pour l'alimentation de Blue Paper, un papetier. Le troisième, à Saint-Pierre de La Réunion, va voir la mise en place d'une unité de 15 MW électriques au sein d'une plateforme multifilière de traitement des déchets ménagers et des déchets d'activités économiques. Pour un tonnage annuel de 244 000 t de CSR valorisés, ces trois projets représentent 186 millions d'euros d'investissements, dont 34 millions issus du Fonds déchets de l'Ademe. Un nouvel appel à projets CSR a été lancé en 2017.

Depuis le printemps 2017, une installation fonctionne déjà aux CSR. Il s'agit de l'usine de l'industriel Séché, près de Laval (lire encadré). Pour l'instant, les CSR sont réservés à la production de chaleur, mais

Une première chaudière CSR à Laval

Depuis juin 2017, le groupe Séché, un industriel des déchets, brûle des CSR pour produire de l'énergie. De mars à octobre, la chaleur est utilisée par une usine de déshydratation de fourrages située en face de son site et, en hiver, la chaleur est envoyée sur le réseau de chaleur de Laval. Neuf kilomètres d'extension ont été réalisés pour raccorder le réseau de chaleur de la ville et l'industriel. Au total, le réseau de 17 km dessert 6 400 équivalents logements, à 82 % avec de l'énergie issue des déchets (CSR et biogaz de décharge) et à 18 % avec du gaz. À terme, 16 000 tonnes de CSR seront brûlées dans un four sur lit fluidisé, une technologie qui permet une grande variation de la granulométrie des CSR. Le groupe Séché expérimente la production de CSR depuis 2008. Cela a permis à l'industriel d'affiner sa recette, notamment en incluant davantage de déchets d'ameublement.

ils pourraient également produire de l'électricité. La Fnade (Fédération nationale des activités de la dépollution et de l'environnement – voir “Trois questions à”) et l'Ademe débutent une étude pour définir la part d'énergie renouvelable dans les CSR (entre 30 et 100 %) qui serait nécessaire pour la mise en place d'un mécanisme de soutien à la production électrique. Plus à l'est, le groupe de travaux publics Bonnefoy, près de Besançon, construit la première unité de gazéification de CSR en cogénération. La chaudière traitera 45 000 t de combustibles et produira environ 51 600 MWh électriques, injectés sur le réseau, et 90 000 MWh thermiques utilisés pour l'outil industriel et une plateforme de séchage de produits forestiers. Cette nouvelle unité représente un investissement de 34 millions d'euros. Pour porter et exploiter la centrale, Bonnefoy a créé une nouvelle société, Synnov Déchets, dont il est actionnaire majoritaire (64,67 %). La Caisse des Dépôts est également présente, avec 24,67 % du capital. Le reste est réparti entre Leroux et Lotz Technologies, qui développe le process, et deux opérateurs nationaux de la gestion des déchets,

le groupe Nicollin et l'entreprise Braley, dans le sud de la France.

PYROGAZÉIFICATION ET HYDROGÈNE

Une autre valorisation énergétique, mise au point pour la biomasse, est à l'étude pour la filière déchets. Il s'agit de la gazéification. Ce processus vise à transformer les déchets bois, papier ou carton en gaz, qui sera filtré avant d'être injecté dans des moteurs ou dans une turbine à vapeur pour produire de l'électricité. La société Europlasma a mis en route une première usine dotée de cette technologie en France à Morcenx (Landes). La centrale est dimensionnée pour produire 11 MWe à partir de 55 000 t/an de déchets industriels banals et de biomasse. La gazéification au plasma, technologie développée par CHO Power, va également être mise en place pour le projet Tipers à Thouars (Deux-Sèvres), pour Liger à Locminé (Morbihan) et pour Brocéliande à Montauban-de-Bretagne (Ille-et-Vilaine). D'autres technologies se développent. À Nantes, la société Leroux et Lotz, en partenariat avec

DÉCHETS URBAINS RENOUVELABLES

Le Liten, institut de CEA Tech, a mis en place un démonstrateur pour tester différents types de biomasse et affiner la technique de pyrogazéification.

À plus long terme, la piste de l'hydrogène est également suivie comme solution pour produire de l'énergie à partir de déchets. « *La France dispose d'acteurs de poids et d'entreprises bien positionnées dans les nouvelles applications de l'hydrogène (mobilité, stockage d'électricité, etc.), mais le déploiement reste "faible" sur le territoire* », selon une étude publiée par le cabinet Sia Partners. Trifyl, le syndicat mixte départemental pour la valorisation des déchets ménagers du Tarn, a mis en place un démonstrateur de production d'hydrogène à partir de biogaz de décharge dès 2014. Depuis 2016, l'hydrogène est utilisé comme carburant. Trifyl devrait passer, en 2018, au stade industriel de production, soit de 10 à 100 kg de production d'hydrogène par jour. Toutes ces nouvelles techniques (CSR, gazéification, hydrogène) apportent autant de solutions pour valoriser l'énergie de déchets, qui est une filière qui a toute sa place dans le mix énergétique français. Elle est disponible, produite localement et vient en substitution d'énergie fossile. Le monde des déchets et celui de l'énergie se rapprochent de plus en plus et l'aide de l'Ademe pour raccorder les UIOM aux réseaux de chaleur, à travers le Fonds chaleur, a impulsé une dynamique précieuse. Néanmoins, la filière se heurte encore à des problèmes qui freinent son développement, dont l'un des principaux est l'absence d'arrêté fixant le complément de rémunération à la filière pour la valorisation électrique (lire "Trois questions à"). ●

Quelques sites pour aller plus loin :

- ✓ Les pages dédiées à la filière sur le site de l'Ademe : www.ademe.fr
- ✓ www.federec.org
- ✓ www.fedene.fr
- ✓ www.amorce.asso.fr
- ✓ www.zerowastefrance.org/fr
- ✓ www.sinoe.org



3 QUESTIONS

de l'Observatoire
des énergies renouvelables



à **Muriel Olivier**, vice-présidente de la Fnade (Fédération nationale des activités de la dépollution et de l'environnement)

1 Comment qualifieriez-vous l'année 2017 pour la production d'énergie à partir de déchets ?

Deux éléments majeurs ressortent. Tout d'abord, une meilleure reconnaissance de la filière CSR avec une prise en compte de son potentiel énergétique. D'autre part, une véritable volonté d'optimiser le parc existant des unités de valorisation énergétique (UVE). Ce dernier point est une tendance réellement forte : entre 2010 et 2014, les tonnages incinérés dans des UVE en cogénération ont augmenté de 36 %, alors que les tonnages incinérés en France n'ont évolué que de 7 %. L'efficacité énergétique est en hausse, et il y a encore du potentiel ! La modulation de la taxe générale sur les activités polluantes (TGAP) relative à l'efficacité énergétique et la TVA réduite sur la chaleur des réseaux de chaleur alimentés par plus de 50 % d'énergie renouvelable et de récupération ont joué un rôle incitatif en faveur des investissements. Toutefois, le contexte est moins favorable depuis l'abrogation en mai 2016 des tarifs d'achat garantis de l'électricité sans qu'un nouvel arrêté ne soit venu fixer

le niveau du complément de rémunération pour la production d'électricité.

2 Comment fonctionne la filière en l'absence de complément de rémunération ?

Nous pouvons encore améliorer l'efficacité énergétique des unités de valorisation énergétique mais cela nécessite des investissements. En l'absence de nouvel arrêté tarifaire, les nouvelles installations ou nouvelles chaudières sur des unités existantes seraient amenées à valoriser l'électricité au prix du marché libre, sans complément. En clair, l'électricité serait achetée entre 35 et 38 €/MWh, contre un prix de 55 à 58 €/MWh à l'époque des tarifs d'achat. La vente de l'électricité au prix du marché libre ne permettra pas, dans la plupart des cas, de rentabiliser les investissements nécessaires et donc d'engager les travaux.

3 La filière CSR semble émerger. Quels sont les besoins des acteurs ?

Depuis la loi de transition énergétique pour la croissance verte (LTECV), un cadre réglementaire spécifique a été créé pour favoriser le développement de la filière CSR. Par ailleurs, deux premiers appels à projets "chaleur CSR" ont été lancés par l'Ademe en 2016 et en 2017. Cependant, un soutien au lancement de la filière est indispensable car l'énergie produite à partir de CSR n'est actuellement pas compétitive par rapport au gaz, notamment dans un contexte du prix des énergies fossiles extrêmement bas et d'un prix du carbone trop faible. Un autre besoin est celui de fluidifier le système : les dossiers mettent trois à cinq ans à voir le jour. Si nous voulons développer 1,5 Mt de capacités sup-



plémentaires dans des installations de production d'énergie à partir de CSR d'ici 2025, nous devons aller plus vite !

Au travers des appels d'offres de l'Ademe, on sent une mobilisation importante des acteurs sur cette filière. Quatorze projets ont été déposés en 2016, dont trois ont été retenus. Il est nécessaire d'augmenter le budget dédié à la filière pour soutenir davantage de projets. De plus, certains projets nécessitent, en complément de la production de chaleur, une valorisation sous forme électrique pour faire face à la baisse des besoins de chaleur l'été et maintenir l'efficacité énergétique de l'installation. Un mécanisme de soutien pour l'électricité est donc essentiel. La programmation pluriannuelle de l'énergie prévoit d'examiner les dispositifs de soutien envisageables et d'engager le cas échéant des appels d'offres expérimentaux. Un dispositif similaire aux appels d'offres CRE biomasse pourrait permettre l'émergence de projets. L'énergie issue des déchets a toute sa place dans le mix énergétique français. Elle est disponible, produite localement et vient en substitution d'énergie fossile. ●

CHIFFRES CLÉS

Puissance installée fin 2017

16,5 MW

Production électrique en 2016

84 GWh

Objectif de la filière à 2018

8 MW

supplémentaires par rapport
à la situation de 2015

Objectif de la filière à 2023

53 MW

supplémentaires par rapport
à la situation de 2015

*Chiffre d'affaires dans la filière à fin 2016
(toutes valorisations énergétiques)*

368

millions d'euros

Site de géothermie profonde
de Rittershoffen (Bas-Rhin –
Grand Est).

David Queyrel

Pionnière de la géothermie profonde dans les roches granitiques fissurées (hors zones volcaniques), la France multiplie les projets en Alsace et prépare l'essaimage dans la vallée du Rhône et le Massif central. Même si l'essentiel du développement interviendra à l'export.

77

FILIÈRE GÉOTHERMIE

Observ'ER

Le Baromètre 2017
des énergies renouvelables
électriques en France

LA FILIÈRE ATTEND UN DISPOSITIF DE GARANTIE

La production d'électricité géothermique est une technologie mature qui se base sur l'exploitation de milieux fracturés à forte perméabilité, situés à plus de 1 000 m de profondeur et dont la température varie entre 200 et 300 °C. Ce type de sites capables de fournir des débits de production de vapeur élevés sont généralement localisés dans des zones volcaniques ou tectoniquement actives. Pour l'Europe, il s'agit principalement de la Toscane, de l'Islande, des Açores et de quelques îles grecques auxquelles on peut ajouter des territoires d'outre-mer comme la Guadeloupe, la Martinique et la Réunion. En France métropolitaine, plusieurs zones existent également : le bassin rhénan, la vallée du Rhône ou la vallée de la Limagne (Puy-de-Dôme). La vapeur d'eau puisée par forage est turbinée directement pour générer de l'électricité, puis réinjectée dans le réservoir naturel. Quand l'eau géothermale est trop agressive ou quand elle est inférieure à 200 °C, on passe par un fluide de travail organique qui sera chargé d'actionner la turbine.

Fin 2017, en France, la puissance installée reste à 16,5 MW répartis sur deux sites : la centrale de Bouillante en Guadeloupe (15 MW) et le démonstrateur de Soultz-sous-Forêts (Bas-Rhin, 1,5 MW). En matière de développement de la filière, la programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) prévoit une hausse de la puissance installée de 8 MW d'ici fin 2018 et de 53 MW d'ici 2023. L'objectif à fin 2018 devrait être réalisé grâce au développement annoncé de la centrale de Bouillante par son actionnaire majoritaire, l'américain Ormat. Quant aux 53 MW supplémentaires prévus pour 2023, ils devraient être atteints par les projets de centrales actuellement en développement qui se situent principalement dans le bassin rhénan, près de Strasbourg, mais

aussi dans le couloir rhodanien, les Pyrénées et le Massif central. Au 1^{er} juillet 2017, la métropole et l'outre-mer totalisaient ainsi 17 permis exclusifs de recherche attribués et trois en procédure de demande (voir carte n° 1). Cependant, le potentiel national reste modeste puisqu'il est évalué à 100 MW pour les vingt prochaines années.

Comme l'ensemble des filières renouvelables de production d'électricité, la géothermie émerge désormais au mécanisme de complément de rémunération. La grille des tarifs affiche un niveau moyen de 246 €/MWh en métropole et de 170 €/MWh dans les zones volcaniques depuis le 1^{er} janvier 2016. En parallèle, la filière a travaillé à la mise en place d'un dispositif de couverture du risque géologique comportant deux volets : un pour les projets en métropole et un autre pour les projets de production d'électricité en milieu volcanique pour les territoires ultramarins et pour l'export. Pour le premier volet, un fonds de garantie est en cours de notification auprès de l'Europe. Le budget devrait être de 30 millions d'euros apportés par les quatre actionnaires de la SAS constituée pour gérer le fonds (Caisse des Dépôts, Électricité de Strasbourg, Fonroche et Electerre de France) et par l'Ademe sous la forme d'avances remboursables (20 millions d'euros maximum). Pour le volet volcanique, les travaux ont pris un peu de retard mais le fonds devrait être opérationnel en 2018.

60 MW DE POTENTIEL EN GUADELOUPE

Dans les Caraïbes, les premiers forages ont été réalisés dans les années 1970 sur le site de Bouillante en Guadeloupe. Des quatre forages réalisés initialement, un seul s'est avéré exploitable. Le site a longtemps eu

le Bureau des recherches géologiques et minières (BRGM) comme société majoritaire puis actionnaire unique pour son exploitation. Cependant, l'organisme public n'étant pas voué à gérer commercialement un site de production, il a naturellement cédé 60 % de ses parts, fin 2015, à Ormat Technologies, développeur américain de projets géothermiques, et 20 % à la Caisse des dépôts. L'entreprise américaine a des ambitions pour le site de Bouillante. En effet, elle prévoit un investissement de 70 millions d'euros pour atteindre une capacité de 45 MW. Le site a déjà vu sa puissance étendue à 15 MW en 2017 contre 10 MW en 2015, grâce à la réinjection partielle des rejets de la centrale dans le réservoir géothermique et non dans la mer, comme c'était le cas auparavant. L'étape suivante, prévue pour 2020, doit permettre de porter la puissance électrique du site à 25 MW grâce à l'installation d'une nouvelle unité de production nécessitant la réalisation de forages supplémentaires. Enfin, la troisième étape va consister à exploiter un nouveau réservoir situé au nord de la baie de Bouillante pour porter à 45 MW la puissance installée à l'horizon 2021.

Plus au sud, sur la commune de Vieux-Habitants, un autre projet pourrait permettre d'augmenter de 15 MW supplémentaires la production d'électricité géothermique de l'île. La société guadeloupéenne Teranov dispose d'un permis exclusif de recherche et compte commencer les forages exploratoires en 2019 (la recherche d'investisseurs est en cours) pour une mise en service de la centrale d'ici à 2022. Le site accueillera le démonstrateur du projet Geotref, retenu dans le cadre des Investissements d'avenir, qui associe, autour de Teranov, trois PME et neuf laboratoires de recherche. Le projet doit permettre de modéliser les échanges thermiques et les écoulements dans les

roches fracturées en capitalisant sur les travaux conduits dans le secteur pétrolier. L'objectif du conseil régional de Guadeloupe est également de développer un centre d'excellence sur la filière, dont les missions et l'organisation sont envisagées dans le cadre d'un projet Interreg Caraïbe, mené en partenariat avec l'Ademe.

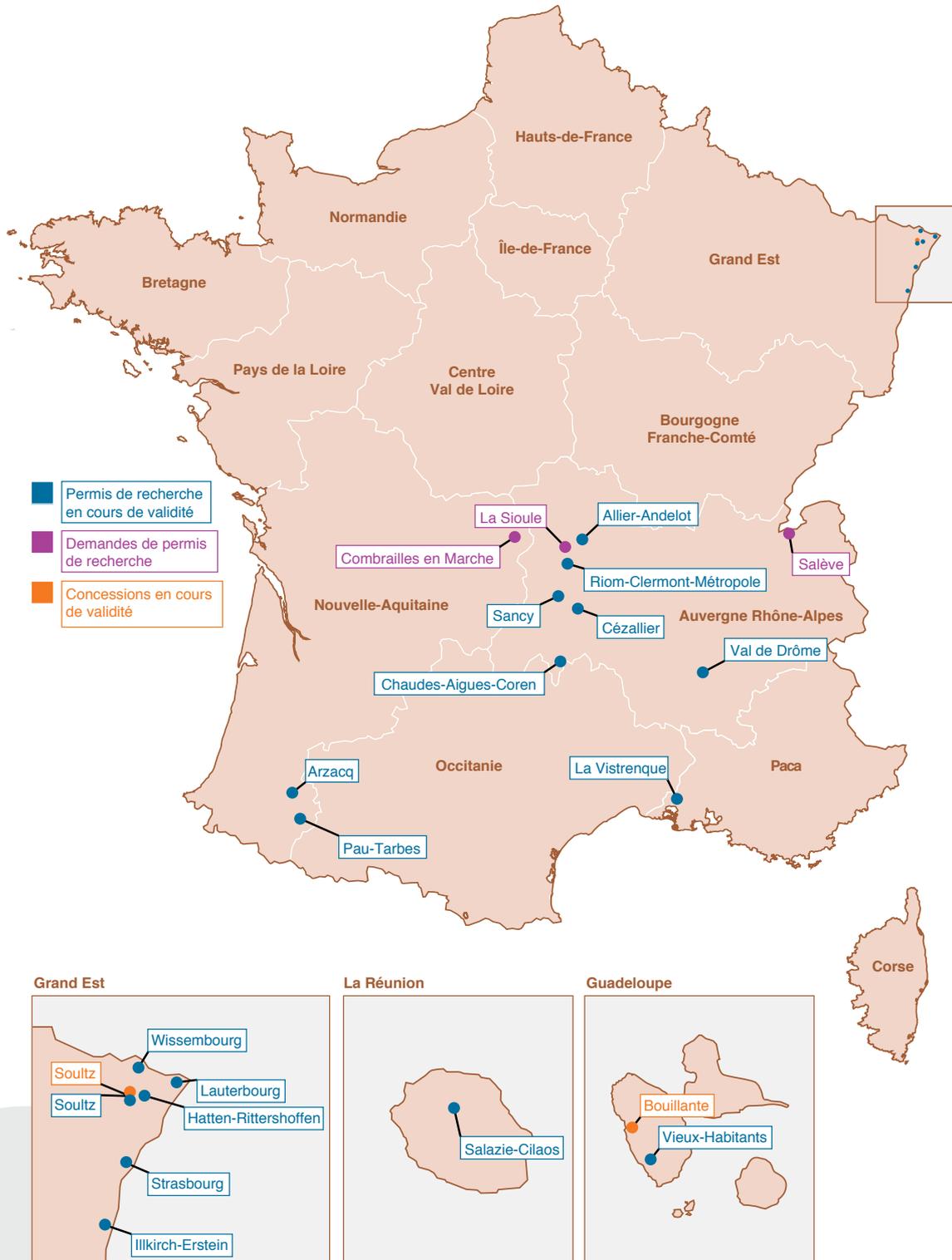
GÉOTHERMIE DES ROCHES FISSURÉES : ÉNERGIE ET LITHIUM

Le second site de production d'électricité géothermique français est celui de Soultz-sous-Forêts (Bas-Rhin), où un programme de recherche pionnier à l'échelle mondiale a démontré que la valorisation de la chaleur piégée dans des roches granitiques fissurées était aussi possible (géothermie de type EGS enhanced geothermal system). Dans ce type de milieu, l'eau géothermale ne circule pas librement dans tout le réseau de failles. Il faut donc, en fonction de la qualité de la connexion du puits au réservoir, rétablir sa circulation en libérant les failles de leurs dépôts minéraux (une sorte de détartrage). La méthode est aujourd'hui au point et son impact environnemental est faible. Elle a été développée sur le site de Soultz-sous-Forêts avec un pilote scientifique qui a fait l'objet de travaux de recherche pendant une vingtaine d'années (de 1987 à 2007). Ce pilote a été converti en un démonstrateur de 1,5 MWe relié à trois forages plongeant à 5 000 m (eau à 200 °C) ; il a été mis en service en 2008 sous l'égide du groupement européen d'intérêt économique (GEIE) Exploitation minière de la chaleur, aujourd'hui détenu par Électricité de Strasbourg (67 %) et l'allemand EnBW (33 %). En 2015, différents travaux de modernisation des installations ont été réalisés pour améliorer la rentabilité

Carte n° 1

Carte des titres miniers de gîtes géothermiques à haute température

Source : Observ'ER d'après la DGEC



Cluster Geodeep, les premiers projets arrivent

Dans sa volonté d'accroître son rôle dans le développement mondial du secteur de la géothermie, la France s'est dotée en 2014 d'un organisme représentant le fleuron de son industrie en la matière. Les acteurs de la filière, accompagnés de l'Ademe, de l'Association française des professionnels de la géothermie (AFPG) et du Syndicat des énergies renouvelables (SER) ont créé le cluster Geodeep, qui rassemble les principales entreprises pouvant intervenir à l'export sur des projets de production d'électricité géothermique (profil, expérience, références, marchés visés, besoins, etc.). Geodeep regroupe aujourd'hui 15 entreprises et ses objectifs sont de constituer un lieu d'échange, de fédérer les acteurs français dans leurs efforts à l'export et de représenter au mieux le savoir-faire national.

Aujourd'hui, le cluster Geodeep commence à concrétiser ses premiers projets dans différentes zones ciblées. Ainsi, Engie est en train de construire une centrale de 80 MWe en Indonésie, qui entrera en fonctionnement en 2019. ES Géothermie travaille au développement de trois centrales sur le modèle d'Ecogi dans le nord de la Serbie, une région au profil géologique similaire à celui du bassin rhénan. Des projets sont à l'étude en Turquie pour EDF et ES Géothermie, ainsi qu'en Amérique du Sud pour CFG, Clemessy et Teranov.

de la production électrique. En 2018, le GEIE compte étudier, sur le site existant, l'extraction de lithium de l'eau géothermale, car elle en contient de fortes concentrations (150 à 200 mg/l). La valorisation de cet élément pourrait alors modifier radicalement le modèle économique de la géothermie EGS grâce à la vente de lithium pour le stockage d'électricité notamment.

L'objectif est désormais d'essayer ailleurs sur le territoire français les technologies développées depuis vingt-cinq ans sur le site alsacien. Une vingtaine de permis exclusifs de recherche ont ainsi été octroyés. L'objectif de ces permis est de constituer la première étape, celle des forages exploratoires, qui doit mener à terme à l'installation de futurs sites d'exploitation de production d'électricité et/ou de chaleur à partir de chaleur souterraine. Détentrice d'un de ces permis exclusif, Ecogi est la première centrale uti-

lisant la géothermie des roches fissurées à l'échelle industrielle. Elle se trouve à Ritterhoffen, à 7 km seulement de Soultz. Financée à hauteur de 55 millions d'euros par Électricité de Strasbourg (40 %), l'amidonner Roquette Frères (40 %) et la Caisse des Dépôts (20 %), avec un soutien de l'Ademe et de la Région Grand-Est, elle fonctionne depuis la mi-2016. Grâce à un réseau de chaleur de 15 km, la chaleur issue de l'eau géothermale (à plus de 170 °C) puisée à 2 500 mètres de profondeur est acheminée à l'usine Roquette pour alimenter son process en vapeur (24 MW thermiques). Régulièrement visitée par des opérateurs étrangers, Ecogi constitue une vitrine du savoir-faire de la filière de la géothermie profonde hors zone volcanique pour réaliser d'autres centrales (chaleur seule ou cogénération) en France ou à l'étranger.

Fongosec : vers une géothermie profonde des roches sèches

Retenu dans le cadre des Investissements d'avenir, le projet Fongosec doit permettre d'améliorer les échanges de chaleur dans des roches sédimentaires non fracturées. À la différence des travaux conduits à Soultz-sous-Forêts (Bas-Rhin), qui visaient à optimiser la circulation d'eau chaude dans les roches naturellement fissurées, le projet Fongosec vise à améliorer les transferts de chaleur "à sec" dans les roches sédimentaires peu perméables (les plus fréquentes à la surface du globe). Fongosec réunit de nombreux partenaires autour de Fonroche Géothermie (Enertime, Flodim, Enesol Géothermie, Operantis, Foragelec, Armines, l'Ensegid, le BRGM et le Latep). Cette opération de 82 millions d'euros est soutenue à hauteur de 27 millions d'euros dans le cadre des Investissements d'avenir.

6 CENTRALES AUTOUR DE STRASBOURG EN 2020

Deux projets situés dans l'Eurométropole de Strasbourg sont en phase de construction. Ils bénéficient chacun d'une avance remboursable de l'Ademe de 5 millions d'euros car le fonds de garantie du risque géothermique n'est pas encore opérationnel. À Vendenheim (zone du futur Ecoparc rhénan, au nord de Strasbourg), Fonroche termine le premier forage d'exploration (5 000 mètres). Si les tests de quantification de la ressource sont concluants, le second forage sera réalisé au premier trimestre 2018. La mise en route de la centrale de 6 MWe de capacité aurait lieu début 2019. Dans un premier temps, la valorisation énergétique sera seulement électrique, mais l'alimentation du grand réseau de chaleur du nord de l'Eurométropole (2022) ou le chauffage de serres pourrait intervenir par la suite.

Au sud de l'Eurométropole, à Illkirch-Graffenstaden, Électricité de Strasbourg et sa filiale spécialisée ES-Géothermie réaliseront un premier forage d'exploration en mars-avril 2018 (3 000 mètres). À compter de 2020, la centrale fournira de la chaleur (20 MWth) au réseau de transport de chaleur de l'agglomé-

ration. Au second semestre 2018, Fonroche réalisera les forages de ses deuxième et troisième centrales. Celle d'Eckbolsheim (6 MWe et 20 MWth) alimentera le réseau de chaleur de Haute-pierre. Celle de Hurtigheim (mêmes puissances) pourrait fournir de la chaleur à des projets agricoles. À Haguenau, Fonroche va attendre 2019 avant de commencer la prospection. De même, Électricité de Strasbourg, qui dispose de deux autres permis de recherche exclusifs à Wissembourg et Lauterbourg préfère étudier encore la zone avant de forer.

À l'horizon 2020, le Bas-Rhin devrait donc compter six centrales géothermiques profondes, pour une puissance totale d'environ 20 MWe et 100 MWth en fonctionnement ou en construction (y compris le site de Soultz). Dans les autres régions françaises, le projet le plus avancé est celui de Fonroche, à Valence (Drôme), dont les forages à 5 000 mètres démarreront en avril 2018, pour faire tourner une cogénération (5 MWe) dont l'énergie thermique alimentera le réseau de chaleur de la ville. Puis, en 2020, l'entreprise compte forer à Riom (Puy-de-Dôme), où elle possède un permis avec Electerre de France, ainsi qu'à Pau (Pyrénées-Atlantiques). ●



3 QUESTIONS

de l'Observatoire
des énergies renouvelables



à **Jean-Philippe Soulé**, directeur général de Fonroche Géothermie

1 Alors que vous réalisez les forages de votre première centrale, quel est votre programme de développement sur la géothermie profonde ?

Notre stratégie prévoit de construire une centrale tous les ans pendant dix ans. Cela signifie 10 centrales à 70 millions d'euros, soit un investissement de 700 millions d'euros jusqu'en 2027-2030 ! Nous engageons d'abord nos fonds propres et, progressivement, nous comptons sur les revenus des centrales existantes et sur le refinancement par des partenaires bancaires pour investir dans les suivantes. Nous avons débuté les forages à Vendenheim (Bas-Rhin) avec un an de retard en raison de la complexité de ce type de projets, mais maintenant le développement est enclenché.

2 Pourquoi avez-vous choisi la France métropolitaine pour construire vos centrales et non les zones volcaniques comme les Caraïbes ?

Nous avons opté pour les plateaux continentaux, et non pour les îles volcaniques, car c'est là que se trouve la plus forte demande énergétique et donc le plus

fort potentiel de développement. Nous commençons par réaliser des centrales en France qui nous serviront de vitrines reproductibles en Europe dans des régions géologiquement similaires.

3 Où en est le projet Fongosec, près de Pau, qui vise à améliorer les échanges de chaleur dans les roches non fissurées ?

Ce projet de recherche retenu dans le cadre des Investissements d'avenir est conduit par un consortium² que nous coordonnons. Le travail de recherche est beaucoup plus lourd car les débits d'eau au sein de ce type de roches sont bien plus faibles que dans les roches granitiques des bassins rhénan ou rhodanien. Nous terminons actuellement l'interprétation de l'étude géologique réalisée en 2016 afin de caler le modèle de fonctionnement du réservoir. Pour réaliser ces modélisations complexes, nous travaillons avec les universités de Bordeaux et de Pau, avec le BRGM ainsi que Mines Paris Tech. Les forages sont envisagés pour 2019 ; ils iront au-delà des 5 000 mètres nécessaires en Alsace ou dans la vallée du Rhône. ●

2. Enertime, Flodim, Enesol Géothermie, Operantis, Foragelec, Armines, l'Ensegid, le BRGM et le Latep.

Quelques sites pour aller plus loin :

- ✓ Les pages dédiées à la filière sur le site de l'Ademe : www.ademe.fr
- ✓ www.geothermie-perspectives.fr
- ✓ www.geotref.org
- ✓ www.brgm.fr
- ✓ www.afpg.asso.fr
- ✓ www.geothermie-soultz.fr
- ✓ www.geodeep.fr
- ✓ www.es-geothermie.fr

CHIFFRES CLÉS

Puissance installée à fin 2017

263 MW

Production électrique en 2016

500 GWh

Objectif pour l'éolien en mer

posé à fin 2018

500 MW

À fin 2023

3 000 MW

à quoi s'ajoutent entre 500 et 6 000 MW de nouveaux projets engagés à cette date

Emplois dans la filière¹

2 090

Chiffre d'affaires dans la filière en 2016¹

592

millions d'euros

Hydrolienne DCNS-OpenHydro du parc démonstrateur hydrolien d'EDF sur le site de Paimpol-Bréhat (Côtes-d'Armor - Bretagne).

EDF Média/Philippe Eranlian

Avec les énergies marines renouvelables, la France dispose d'une formidable opportunité : au-delà de leur rôle dans la transition énergétique, ces technologies offrent la possibilité de développer un savoir-faire industriel national tourné vers l'export. Cependant, derrière les annonces, où en est réellement le pays sur ces filières à haut potentiel ?

FILIÈRE ÉNERGIES MARINES RENOUVELABLES

Observ'ER

Le Baromètre 2017 des énergies renouvelables électriques en France

1. Source : Les EMR, un levier de croissance pour la France, Observatoire des énergies de la mer, mars 2017.

Forte d'un espace maritime national de 10 millions de kilomètres carrés (en incluant les DOM-TOM), la France est l'un des pays les mieux dotés en termes de ressources sous-marines. Cependant, alors qu'ont été installés plus de 1 550 MW de puissance en mer en Europe en 2016 et qu'une turbine offshore y est implantée en moyenne chaque jour depuis 2015, la France ne dispose toujours pas de la moindre éolienne en mer en service. Au cours des années passées, le gouvernement avait pourtant bien marqué sa volonté de faire du pays le leader mondial de ce marché émergent. Cela s'était notamment traduit dans la programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) par l'ambition de réaliser entre 0,5 et 6 GW d'éolien posé en mer à l'horizon 2023, en plus des 3 GW actuellement en cours de fabrication, à quoi doivent s'ajouter entre 200 et 2 000 MW de projets relevant des "autres" énergies marines (éolien flottant, hydrolien, etc).

L'ÉOLIEN POSÉ EN MER : LA FILIÈRE PREND DU RETARD

L'éolien en mer posé correspond à la forme classique de l'éolien offshore tel qu'il s'est développé en Europe depuis une quinzaine d'années. Les éoliennes sont installées dans des zones peu profondes, entre 5 et 40 mètres, où les fondations sont posées sur le fond marin. La France compte actuellement six chantiers en la matière, issus des appels à projets lancés en 2010 et 2013 (voir carte n° 1). Toutefois, alors que les premiers parcs auraient dû produire leur premier MWh avant 2020, leur développement a pris plus de temps que prévu. Ces projets ouvrent la voie d'une filière encore vierge où, sur tous les plans (administratif, juridique, économique et social), les différentes étapes sont à écrire.

Malgré ces vicissitudes, la filière poursuit son développement, même s'il cela se fait à un rythme moins rapide que prévu. Ainsi, un troisième round d'appel d'offres a été ouvert en avril 2016 pour la zone de Dunkerque. Cela a été l'occasion d'appliquer pour la première fois la procédure de dialogue concurrentiel créée par le décret du 17 août 2016. Alors que les précédents appels d'offres de 2011 et 2013 se déroulaient en une seule phase de remise de l'offre, la procédure de dialogue concurrentiel s'articule autour de deux phases principales : une première de "présélection" sur la base des capacités techniques et financières, au terme de laquelle les candidats sélectionnés sont admis à participer à une seconde phase de dialogue technique avec l'État. Ce n'est qu'à l'issue de cette dernière qu'une offre sera remise. Pour la zone de Dunkerque, la première phase s'est achevée en mars 2017 avec la désignation de dix dossiers de candidats seuls ou en association, parmi lesquels figurent les principaux acteurs français que sont Engie et EDF Énergies Nouvelles. Le nombre, la diversité des dossiers et la présence de grands énergéticiens européens comme Vattenfall propulsent le projet de Dunkerque dans la catégorie des grandes compétitions offshore internationales. Depuis, la seconde phase du projet se poursuit avec comme objectif la mise en service du parc en 2022 pour une puissance qui devrait avoisiner les 500 MW.

En novembre 2016, après deux ans de gestation, un autre appel d'offres a été confirmé par la ministre de l'Environnement d'alors sur le site d'Oléron. La procédure devrait être identique à celle

ÉNERGIES MARINES RENOUVELABLES

de Dunkerque mais, fin octobre 2017, la phase de présélection n'était pas encore achevée. Les professionnels de la filière demandent le lancement de la procédure

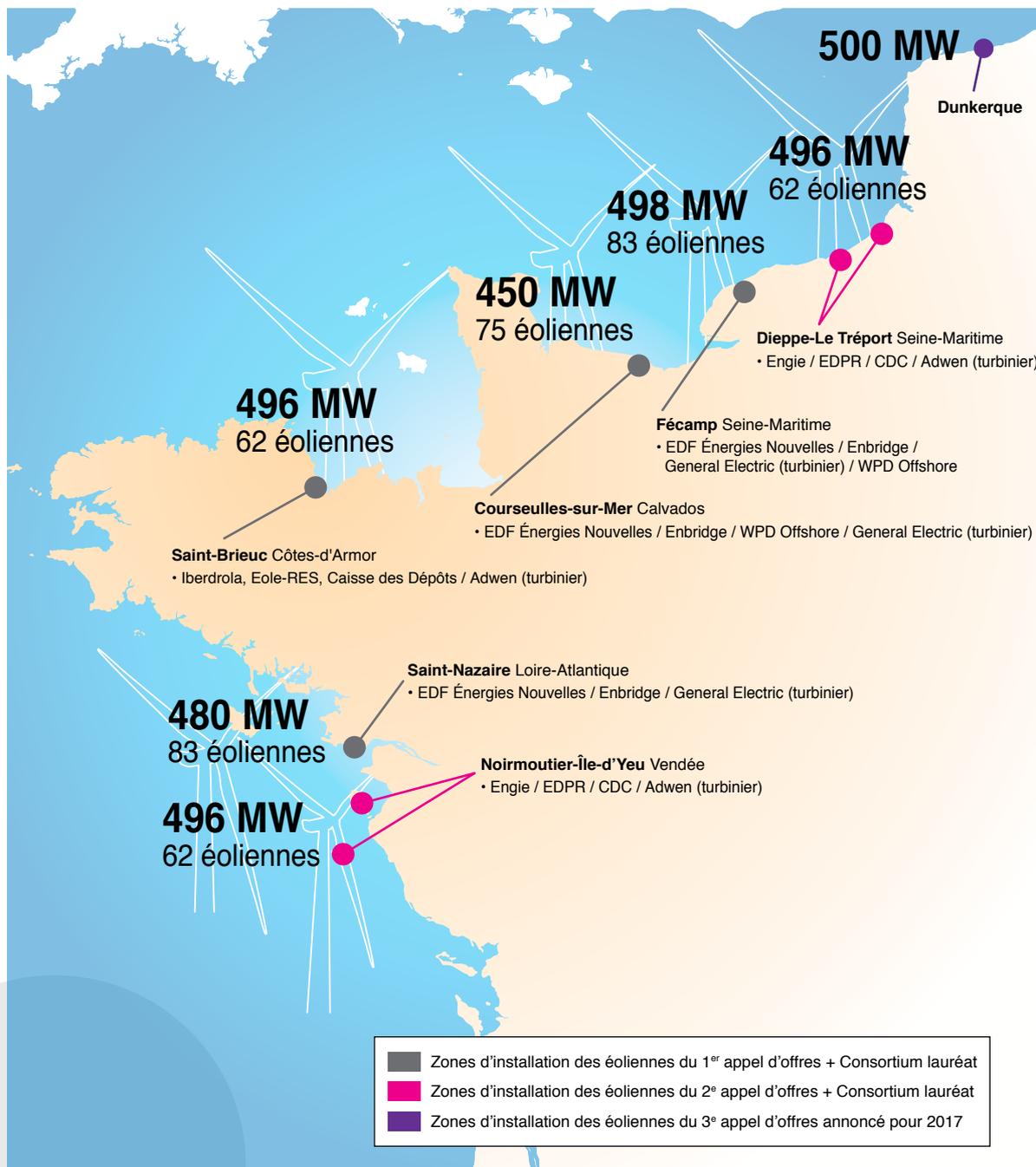
sur ce site où tous les signaux semblent être au vert pour passer à l'étape suivante.



Carte n° 1

Cartographie des zones de développement de l'éolien offshore posé en France

Source : Observ'ER d'après DGEC



L'ÉOLIEN EN MER FLOTTANT

Les technologies de l'éolien offshore avec fondations flottantes ancrées au sous-sol marin par des câbles permettent de s'affranchir de la contrainte de la profondeur des fonds et d'exploiter des gisements bien plus vastes (de 40 à 200 mètres de profondeur). Ces technologies s'appliqueraient particulièrement bien au littoral français méditerranéen, où de nombreuses côtes s'enfoncent rapidement sous la mer. Mais les obstacles en termes d'activité de défense, de pêche et de navigation rendent difficile l'exploitation de ces zones. Un vaste marché international mais aussi national s'ouvre à l'éolien flottant puisque France Énergie Éolienne estime à 140 GW le potentiel théorique des eaux territoriales nationales.

En 2017, une étape significative a été franchie avec la mise en service de la première éolienne flottante au large du Croisic (en Loire-Atlantique). Nommée Floatgen, cette éolienne dispose d'une capacité de 2 MW et est dotée d'un mât de 60 mètres de haut. Elle repose sur un carré flotteur en béton qui est capable de résister à des vagues de 16 mètres de hauteur. La machine est ancrée dans une zone située à 22 kilomètres du littoral. En tant que pilote, l'éolienne Floatgen servira de test pendant deux ans. Selon ses résultats, l'État pourra déterminer une stratégie d'appels à projets d'éoliennes flottantes, avec l'idée qu'ils pallieront les ralentissements de l'éolien offshore posé.

En matière d'éolien flottant, d'autres projets existent tels que celui de Groix et Belle-Île (Morbihan), mené par Eolfi, qui compte CGN Energy à ses côtés. Le consortium prévoit d'installer quatre éoliennes flottantes de 6 MW au sud de l'île de Groix. La construction est prévue pour 2019 et

la mise en service pour 2020. L'idée suscite l'intérêt de différents investisseurs, qu'ils soient publics ou privés. Ainsi, en mai 2017, la Caisse des Dépôts et le fonds d'investissement infrastructures Meridiam ont annoncé leur entrée au capital du projet pour prendre une « *très forte part minoritaire* ».

L'HYDROLIEN : LES ENTREPRISES FRANÇAISES SONT AU COURANT

Autre technologie d'énergie marine, les hydroliennes suscitent également beaucoup d'intérêt. Elles permettent d'exploiter l'énergie cinétique des courants marins pour créer une énergie mécanique transformée ensuite en électricité par un alternateur. Les hydroliennes peuvent être installées en mer ou dans une rivière ou un fleuve.

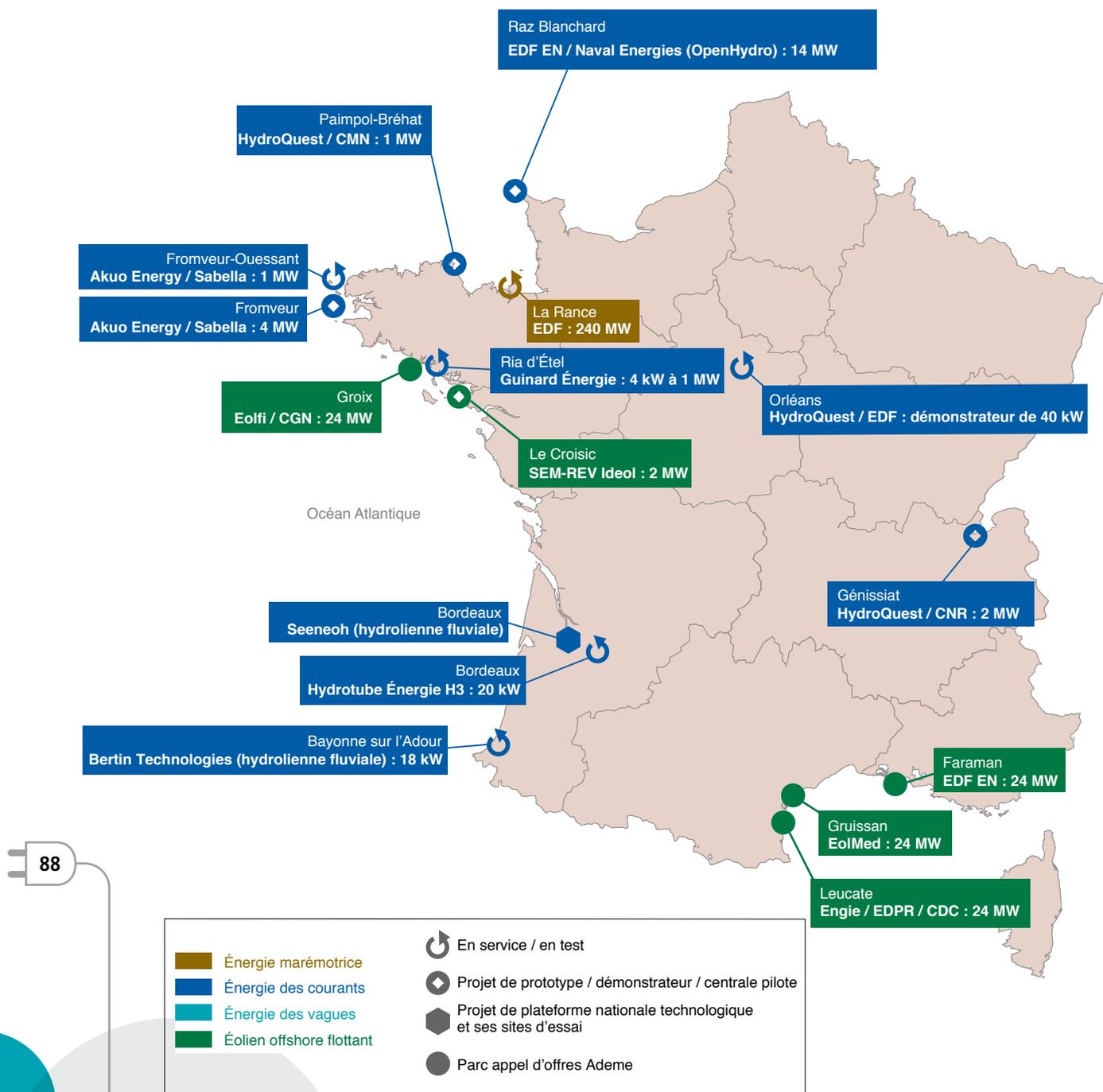
L'activité de la filière, encore très en amont d'un développement industriel à grande échelle, repose essentiellement sur des projets pilotes destinés à valider les choix technologiques engagés. Les efforts industriels, et financiers, de cette phase de lancement sont conséquents. Aussi, on retrouve essentiellement des grands groupes comme acteurs principaux de la filière, car ils sont les mieux à même de pouvoir supporter les investissements nécessaires. Cependant, ces entreprises réévaluent régulièrement leurs stratégies et des retraits sont fréquents. Ainsi, General Electric et Engie ont abandonné le projet Nephtyd en janvier 2017. Basée au Raz Blanchard (dans la Manche), l'expérimentation prévoyait l'installation de quatre hydroliennes de 1,4 MW chacune, pour un total de 5,6 MW. General Electric a abandonné en premier, estimant que

ÉNERGIES MARINES RENOUVELABLES

Carte n° 2

Cartographie des sites énergies marines renouvelables en métropole

Source : Observ'ER 2017



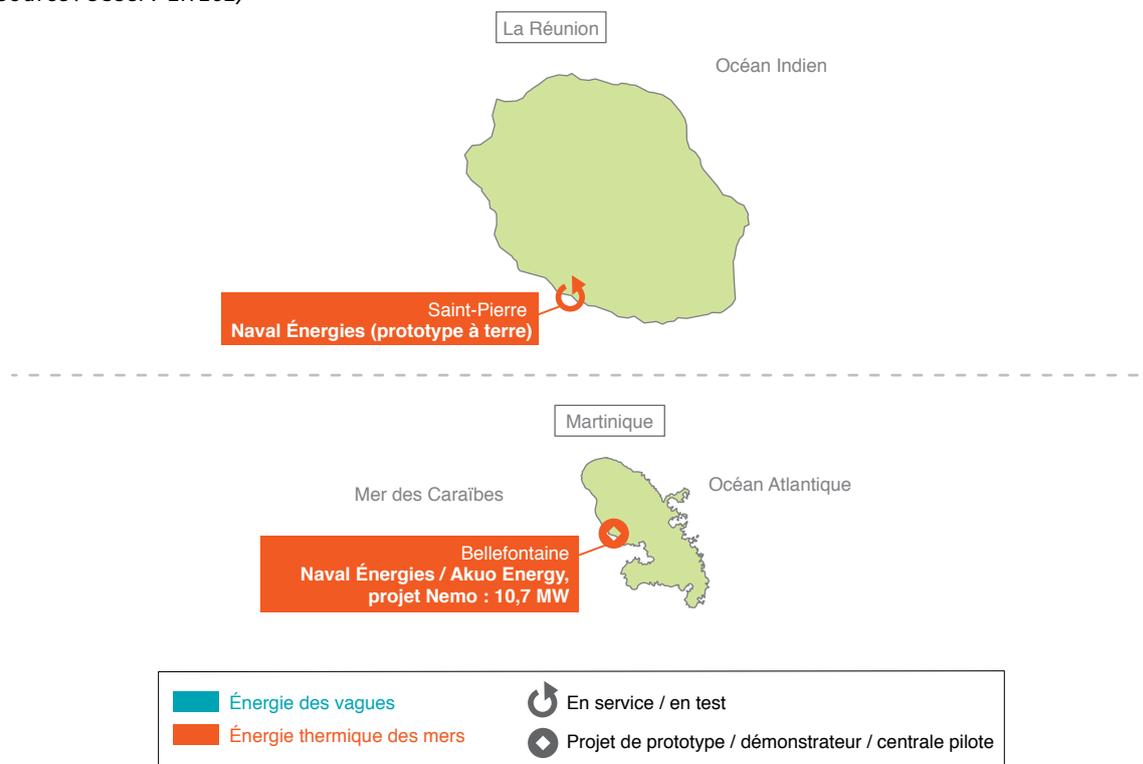
Observ'ER

Le Baromètre 2017
des énergies renouvelables
électriques en France

Carte n° 3

Cartographie des sites énergies marines renouvelables en outre-mer

Source : Observ'ER 2017



la filière n'était pas prête à un décollage industriel. De la même façon, le groupement associant Naval Énergies (ex-DCNS Energies) et EDF a annoncé la fin de l'expérimentation du site de Paimpol-Bréhat sur l'immersion de deux hydroliennes qui avait démarré en 2011. Le projet prévoyait le début d'une exploitation industrielle en 2019. En revanche, le même groupement poursuit son projet de développer un site de 14 MW (composé de sept hydroliennes), lui aussi dans le Raz Blanchard. Une usine d'assemblage d'hydroliennes est en construction à Cherbourg, et elle doit être terminée au premier trimestre 2018. Si, pour EDF, le projet sert de test pour débloquer ou non des investissements plus conséquents dans la filière,

Naval Énergies a déjà signifié sa volonté d'être un leader du marché.

Côté hydrolien fluvial, les acteurs engagés sont de tailles plus petites et la filière est davantage le domaine de PME, dont certaines marquent déjà le marché. C'est notamment le cas d'HydroQuest, qui a installé un démonstrateur de 40 kW près d'Orléans en 2014. L'entreprise a été lauréate de l'appel à projets "Énergies renouvelables en mer et fermes pilotes hydroliennes fluviales" en début d'année 2017, via un partenariat avec la Compagnie nationale du Rhône. Il s'agit d'immerger dans le Rhône quarante hydroliennes de 40 et 80 kW chacune, pour une puissance totale de 2 MW.

Naval Énergies, fleuron français des énergies marines renouvelables

Naval Group (anciennement DCNS) a depuis le début de l'année une filiale entièrement dédiée aux énergies marines renouvelables. Baptisée Naval Énergies, la structure est dotée de 100 millions d'euros de fonds propres, détenus à 54 % par sa maison mère et à 36 % par le fonds Société de projets industriels (SPI) de Bpifrance. Les 10 % restants sont apportés par Technip et BNP Paribas Développement.

Naval Énergies se positionne en tant que constructeur de centrales clé en main destinées au marché français et à l'exportation, et ses ambitions sont claires : être présente sur plusieurs technologies et devenir un acteur majeur à l'international. Au cours des huit dernières années, Naval Group a travaillé sur de nombreux projets EMR et a passé en revue la plupart des technologies pour finalement se concentrer sur les trois qui constituent désormais l'activité de Naval Énergies : l'hydrolien, l'éolien flottant et l'énergie thermique des mers.

Sur les technologies de l'hydrolien, l'entreprise est le principal acteur des projets français avec sa filiale OpenHydro et son portefeuille de 1 GW de projets en développement. À terme, Naval Énergies espère installer pour 1 GW à l'horizon 2025 et 3 GW à l'horizon 2030, date à laquelle 10 GW devraient être mis en place dans le monde. Concernant l'éolien flottant, Naval Énergies peaufine sa technologie sur le site de Groix mais est également présente à l'export avec le projet New England Aqua Ventus (États-Unis). Son pari est la montée en puissance de cette technologie à mesure que « l'éolien en mer posé rencontrera des difficultés pour obtenir ses permis », dicit Thierry Kalanquin, directeur de la division Énergies et infrastructures marines de Naval Group. Dernier secteur visé : l'énergie thermique des mers (ETM). Considérée comme un « marché de niche mais plus que prometteur », la filière fait partie des ambitions de Naval Énergies, comme le prouve son projet de centrale pilote, Nemo, mené avec Akuo Energy, qui a reçu le soutien du programme européen NER 300 à hauteur de 72 millions d'euros.

En matière d'emploi, l'objectif est le développement et le maintien en France de savoir-faire liés à l'ingénierie de ces nouvelles technologies. Le modèle de développement sera proche de celui de la maison mère : l'ingénierie et la gestion de projets seront localisées en France alors que la construction des équipements sera réalisée à l'étranger, à proximité des sites d'exploitation. Aujourd'hui, Naval Énergies compte 250 employés répartis essentiellement entre les sites de Brest, Nantes et Cherbourg.

Les machines seront construites par CMN. L'investissement total est de 12 millions d'euros et il est soutenu à 50 % par l'Ademe, grâce à des subventions et des avances remboursables. L'entreprise a éga-

lement installé une nouvelle hydrolienne à Bordeaux, afin de la tester la particularité d'un site dans un estuaire.

À côté des trois filières présentées dans les paragraphes précédents, il existe d'autres technologies qui sont encore à des stades très amont de développement.

ÉNERGIE MARÉMOTRICE : UNE TECHNOLOGIE DIFFICILEMENT REPRODUCTIBLE

Les usines marémotrices utilisent l'énergie potentielle des marées pour produire de l'électricité. Il existe un seul ouvrage de ce type sur le territoire national, le barrage de la Rance, de 240 MW, inauguré en 1966. Il est encore aujourd'hui parfaitement opérationnel et a produit 500 GWh en 2016. Il existe peu de barrages marémoteurs dans le monde, car les sites propices sont rares. Un projet original est toutefois développé par Tidal Lagoon Power à Cardiff au pays de Galles. Il s'agit de construire dans la mer un barrage pharaonique de 22 kilomètres qui formerait un vaste "U" créant un lagon artificiel. C'est la différence des niveaux de la mer entre l'intérieur et l'extérieur du lagon qui permettrait de générer l'électricité. Les turbines alimentées par les marées auraient une puissance totale de 3 000 MW. Cependant, le projet semble à l'arrêt jusqu'au bouclage de son budget, qui est annoncé à près de 1,5 milliard d'euros.

ÉNERGIE THERMIQUE DES MERS : NAVAL ÉNERGIES À LA MANŒUVRE

L'énergie thermique des mers (ETM) produit de l'électricité en exploitant la différence de température entre une eau chaude de surface à 25 °C et une eau à 5 °C des profondeurs océaniques. Elle est en cela particulièrement adaptée aux zones intertropicales où cette stratification se rencontre toute l'année. La France, directement concernée en outre-mer, conduit différents projets par l'intermédiaire du groupe Naval Éner-

gies. Ainsi, à la Réunion, un prototype a été installé à l'IUT de Saint-Pierre, spécialiste des échangeurs et des cycles thermodynamiques. À la Martinique, la future centrale flottante Nemo, de 10,7 MW, développée par Naval Énergies et Akuo Energy, a pour objectif d'être mise en route en 2020.

ÉNERGIE HOULOMOTRICE : UNE FILIÈRE À L'ARRÊT

L'énergie houlomotrice est basée sur le mouvement des vagues. Son potentiel de production est gigantesque puisque le Conseil mondial de l'énergie l'estime à 10 % de la demande mondiale d'électricité. Loin de ces évaluations, le développement des technologies de cette filière est très lent. En France, après l'arrêt de plusieurs projets auxquels étaient associés de grands groupes tels que EDF EN, Alstom ou même Naval Énergies, le futur de la filière semble essentiellement se résumer à un projet porté au sein de l'École centrale de Nantes avec SBM et l'Ifpen. Baptisé S3, il vise à réaliser et tester, en conditions réelles, un démonstrateur houlomoteur à base de polymères électroactifs. De façon plus appliquée, la TPE GEPS Techno a conçu une plate-forme munie d'une "grosse bouée" qui peut générer de l'énergie au gré du mouvement des vagues. Cet équipement peut notamment être utilisé pour les opérations de construction ou de maintenance en mer, mais l'électricité produite sert davantage sur site plutôt que pour une vente au réseau.

ÉNERGIE OSMOTIQUE : INNOVATION SUR LES MEMBRANES

La filière osmotique tire l'énergie nécessaire à la production d'électricité de la différence



de salinité entre des eaux marines et des eaux douces. Lorsque de l'eau douce et de l'eau salée sont séparées par une membrane semi-perméable, l'eau douce passe naturellement de l'autre côté pour rééquilibrer la différence de salinité. Ce flux crée une énergie utilisable pour produire de l'électricité. Les estuaires représentent des sites idéaux. Plusieurs projets pilotes seraient en cours de réalisation dans le monde (Norvège, Japon, États-Unis...), mais aucun n'est recensé en France. Le point faible de cette technologie, sur lequel se concentre la recherche, reste les membranes organiques, qui sont trop fragiles et proposent des rendements trop faibles.

DÉJÀ PLUS DE 2 000 EMPLOIS

La filière des énergies marines gagnant en importance, elle dispose désormais de son propre observatoire. Il a été créé par le Cluster Maritime en lien avec le Syndicat des Énergies Renouvelables (SER) et le Groupement des Industries de Construction et d'Activités Navales (GICAN). Cette Observatoire a publié un premier rapport pour décrire la situation d'ensemble de la filière d'un point de vue des projets en développement ainsi que de la dimension

Quelques sites pour aller plus loin :

- ✓ Les pages dédiées à la filière sur le site de l'Ademe : www.ademe.fr
- ✓ www.cluster-maritime.fr
- ✓ www.france-energies-marines.org
- ✓ www.merenergies.fr
- ✓ www.polemermediterranee.com
- ✓ www.pole-mer-bretagne-atlantique.com
- ✓ www.channelmoreenergy.eu

socio-économique du secteur. Les technologies marines renouvelables compteraient ainsi 2 086 emplois en France. L'éolien posé ayant atteint un stade commercial, c'est logiquement l'activité qui rassemble le plus d'emplois (57 %) devant l'éolien flottant (18 %) et l'hydrolien (14 %). En terme de chiffre d'affaires, le secteur a représenté près de 600 millions d'euros en 2016 dont 75 % se sont fait à l'export. Au total, ce serait 1,3 milliard d'euros qui auraient été investis dans la filière depuis 2007, année de démarrage de la filière en France. Le rapport investissement sur chiffre d'affaires, naturel dans la période actuelle d'émergence du secteur, s'inversera avec la mise en service des futurs parcs commerciaux en mer. ●

Tableau n° 1

Activité économique de la filière EMR française

Source : "Synthèse du rapport #1 'Les Énergies de la mer : un levier de croissance pour la France'", Observatoire des énergies de la mer, 2017

	Structures de formation et de R&D	Développeurs et exploitants	Entreprises prestataires ou fournisseurs de la chaîne de valeur	Total
Emplois en ETP (équivalent temps plein)	157	233	1 696	2 086
Chiffres d'affaires 2016	6 333 k€	400 k€	585 774 k€	592 504 k€
Investissements cumulés depuis 2007	44 650 k€	319 500 k€	918 494 k€	1 282 644 k€

Observ'ER

Le Baromètre 2017
des énergies renouvelables
électriques en France



3 QUESTIONS

de l'Observatoire
des énergies renouvelables



à **Laurent Schneider-Maunoury**,
PDG de Naval
Energies

1 La France a toujours annoncé une forte ambition de déploiement des EMR. Pourtant, le pays semble prendre du retard par rapport à ses voisins. Qu'en pensez-vous ?

Naval Energies se positionne sur trois technologies des énergies marines renouvelables : l'hydrolien, l'éolien flottant et l'énergie thermique des mers. Ce marché des EMR est très prometteur, mais encore fait d'inconnues. Parmi celles-ci, il y a notamment le calendrier des appels d'offres commerciaux, très dépendant de la volonté politique des États. Depuis plusieurs années, le gouvernement français a apporté un soutien appuyé et constant aux énergies marines renouvelables durant leur phase de recherche et développement, permettant à la France d'occuper une place de premier plan sur ces filières. Il est essentiel que ce soutien public soit poursuivi lors de la phase d'industrialisation. Cela doit, entre autres, passer par une aide pour financer le besoin de trésorerie des prochaines années. Nous pourrions nous inspirer du Conseil pour la recherche aéronautique civile (Corac), qui, pour ce seg-

ment, réunit toutes les parties prenantes et les représentants des ministères concernés. Il favorise les échanges entre l'État et l'industrie pour construire une stratégie globale et orienter la recherche.

2 Une nouvelle programmation pluriannuelle de l'énergie se prépare. Que peut-on en espérer pour la filière EMR ?

Pour que la filière des énergies marines produise concrètement des projets, il faut en passer par le lancement d'appels d'offres commerciaux, qui doivent se faire au plus tôt, et qui devront être définis dans la prochaine programmation pluriannuelle de l'énergie. Concernant ces appels d'offres commerciaux, nous attendons en priorité des annonces dans l'hydrolien et l'éolien flottant, avec un développement des fermes en phases incrémentales, tous les dix-huit mois, ce qui permettrait d'assurer une montée en puissance industrielle progressive et d'accentuer la courbe de baisse des coûts.

Dans l'attente de cette visibilité, nous avons défini une stratégie devant nous permettre de sécuriser notre développement, de gagner en efficacité et de dégager les ressources nécessaires au financement de notre avenir. Par exemple, dans l'énergie thermique des mers, nous nous positionnons à la fois en tant que systémier et sous-systèmeur. Nous allons concentrer nos efforts sur la finalisation du design de nos échangeurs thermiques (système central de production d'électricité), qui constituent un produit en eux-mêmes. Nous allons parallèlement proposer des systèmes complets d'ETM à terre, en partenariat avec des sociétés qui pourraient y adjoindre des coproduits, par exemple de type climatisation par eau de mer. Par

ailleurs, nous avons toujours en ligne de mire les ETM en mer. Ces dernières sont cependant dépendantes d'un véritable soutien public d'une part et de développements technologiques sur la conduite d'eau profonde d'autre part.

3 Participez-vous déjà à des appels d'offres à l'étranger ? Si oui, le faites-vous en partenariat avec d'autres entreprises françaises ?

Dans l'hydrolien, nous n'en sommes pas encore là. Naval Energies se positionne en tant que systémier, fournisseur de solutions "plug and play". Notre priorité aujourd'hui est d'assurer le succès de nos projets de démonstration au Canada et au Japon. Au niveau national, nous voulons préparer la montée en puissance du projet Normandie Hydro dans le Raz Blanchard. C'est la somme de ces projets, nationaux et internationaux, qui nous permettra de valider à la fois notre technologie et notre modèle économique. Et dans un deuxième temps, plus commercial, nous allons concentrer nos efforts sur les zones géographiques à très forts courants de marée telles que le Canada, la France, l'Indonésie et le Japon. Dans l'éolien flottant, nous nous positionnons en tant que sous-systèmeur. Cela nous demande donc de créer des partenariats avec des turbiniers et de faire émerger un réseau de premier plan. Par exemple, nous poursuivons le développement du projet des éoliennes flottantes de Groix et Belle-Île, piloté par Eolfi, et nous finalisons un design de flotteur qui puisse répondre aux besoins de nos clients sur différentes zones géographiques. ●

CHIFFRES CLÉS

Puissance installée

0,75 MW

(uniquement pour des démonstrateurs)

La programmation pluriannuelle de l'énergie ne contient aucun objectif explicite dédié à la filière solaire thermodynamique

Projet eLLO en cours de construction (Pyrénées-Orientale – Occitanie).

Crim

Le photovoltaïque n'est pas le seul mode de valorisation électrique possible du rayonnement solaire. L'énergie solaire thermodynamique peut proposer des solutions pertinentes, notamment dans des zones à fort ensoleillement. La France, pionnière historique de la filière, a des ambitions sur le marché international du secteur qui ne se limitent pas à la seule production d'électricité.

95

FILIÈRE SOLAIRE THERMODYNAMIQUE

Observ'ER

Le Baromètre 2017
des énergies renouvelables
électriques en France

UNE ALTERNATIVE AU PHOTOVOLTAÏQUE

Le solaire thermodynamique (ou CSP pour *concentrated solar power*) est l'une des valorisations du rayonnement solaire direct. Comparé au photovoltaïque, il est plus polyvalent dans ses usages. La technologie consiste à concentrer le rayonnement solaire pour chauffer un fluide à haute température (entre 200 et 500 °C) et produire de la vapeur qui sera valorisée sous forme d'électricité, de froid, de chaleur industrielle ou dans des applications plus spécifiques comme le dessalage d'eau de mer.

Un des principaux avantages du solaire thermodynamique est qu'il peut produire de l'électricité en continu grâce aux systèmes de stockage thermique auxquels il peut être associé. Cela permet de couvrir des pics de consommation situés avant le lever ou après le coucher du soleil. L'autre avantage est l'hybridation. Le principe est d'associer une centrale solaire à une autre source de chaleur issue d'énergie fossile ou de la biomasse, garantissant ainsi une production continue. Cela autorise des systèmes de cogénération (production simultanée d'électricité et de chaleur) qui peuvent améliorer la rentabilité des projets. L'hybridation permet ainsi de disposer de capacités fermes, prédictibles, et non de capacités uniquement relatives, reposant sur le taux et la qualité de l'ensoleillement.

Les centrales solaires thermodynamiques recouvrent une grande variété de systèmes disponibles tant au niveau de la concentration du rayonnement, du choix du fluide caloporteur que du mode de stockage (voir schéma n° 1).

Au début des années 1980, la France était pionnière dans le domaine du solaire à concentration avec l'inauguration de la cen-

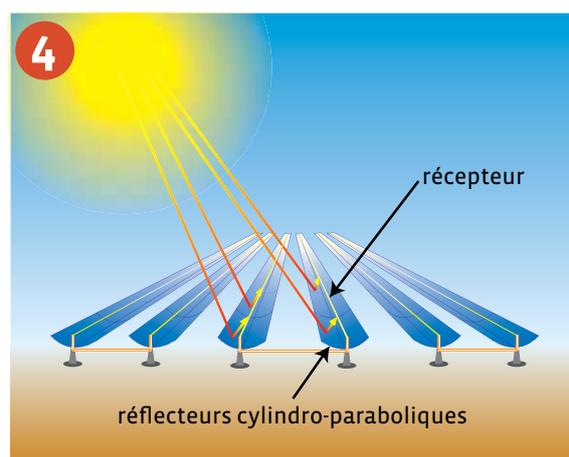
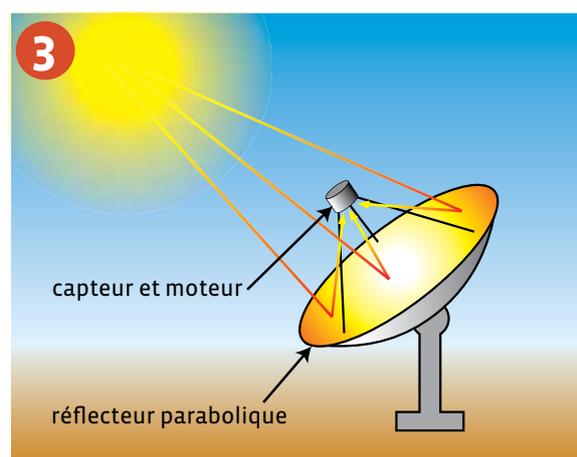
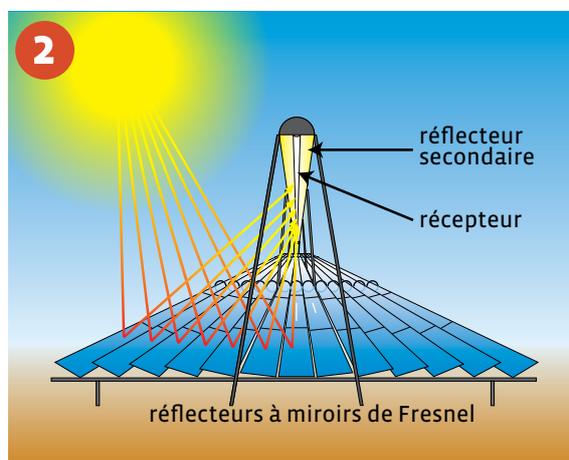
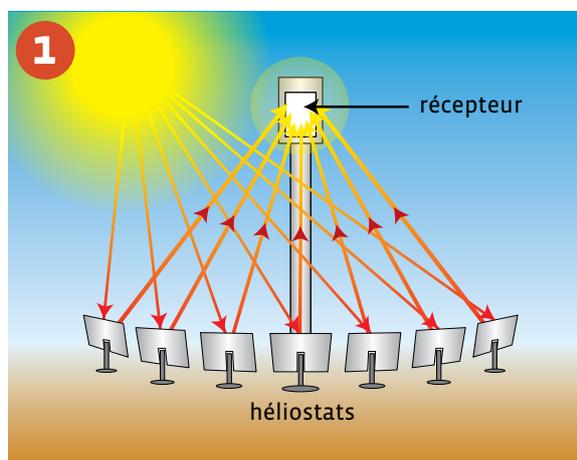
trale à tour de Thémis à Targassonne. Cette réalisation était alors une référence internationale qui venait récompenser les travaux menés depuis une quinzaine d'années sur le four solaire d'Odeillo. Cependant, ces premières expériences ne débouchèrent pas sur une phase industrielle et la filière française entra alors en hibernation pendant une vingtaine d'années. Ce n'est qu'au milieu des années 2000 qu'un renouveau va se faire, aiguillonné par la croissance du marché mondial portée par les États-Unis et l'Espagne.

La relance du solaire thermodynamique en France s'est déroulée en plusieurs étapes. En 2005, après la reconversion de Thémis en plateforme de recherche et développement, une réflexion est initiée sous l'égide de l'Ademe pour déboucher en 2012 sur une feuille de route pour la filière. Parmi les objectifs définis figure la réalisation de démonstrateurs pour les différentes technologies sur lesquelles se sont positionnés les industriels français. Dans la foulée, un appel à manifestation d'intérêt avait été organisé et quatre projets avaient été retenus. 2012 avait également vu le lancement d'un appel d'offres d'électricité solaire, encadré par la CRE, comportant un volet solaire thermodynamique. Deux dossiers avaient été alors retenus : le projet corse d'Alba Nova 1, porté par Solar Euromed, pour 12 MW, et celui de la centrale solaire de Llo, pour 9 MW, porté par le groupe Constructions industrielles de la Méditerranée (Cnim) en Languedoc-Roussillon. La stratégie suivie était alors de constituer, au travers de ces démonstrateurs, la vitrine du savoir-faire français afin de pouvoir concourir aux appels d'offres internationaux.

Schéma n° 1

Les quatre technologies principales de production d'électricité d'origine solaire par voie thermodynamique

Source : Observ'ER 2017



- 1 Les héliostats et centrales à tour** : des centaines, voire des milliers de miroirs (héliostats) équipés d'un système de suivi du soleil (deux axes de rotation) concentrent les rayons du soleil sur un récepteur central placé au sommet d'une tour.
- 2 Les collecteurs à réflecteurs linéaires de Fresnel** sont composés d'une succession de miroirs plans qui suivent la courbe du soleil (un axe de rotation) et redirigent les rayons sur un tube absorbant (récepteur). L'utilisation de réflecteurs non incurvés permet d'abaisser considérablement le coût, comparativement aux collecteurs cylindro-paraboliques, malgré un rendement inférieur.
- 3 Les disques paraboliques**, en forme d'assiettes, suivent la course du soleil (deux axes de rotation) et concentrent les rayonnements vers un récepteur situé au point focal de la parabole. Au point focal se trouve une enceinte à l'intérieur de laquelle un gaz entraîne un moteur Stirling. Peu d'industriels dans le monde portent cette technologie.
- 4 Les réflecteurs cylindro-paraboliques**, miroirs en forme d'auges, concentrent les rayons du soleil vers un tube (récepteur) placé sur la ligne focale.

Le programme Solar-era.net

Solar-era.net est un programme européen de cofinancement ouvert aux filières solaires photovoltaïques et à concentration (CSP). Son objectif est de renforcer les filières industrielles européennes au travers des techniques innovantes de fabrication, de développement de nouveaux produits et services ainsi que par une aide à l'intégration de ces technologies dans le système énergétique. Onze pays sont partenaires et le programme repose sur un réseau d'agences nationales de l'énergie ou de la recherche. La France y est présente et est représentée par l'Ademe. Le dispositif se déroule en deux étapes. Dans un premier temps, des projets nationaux sont sélectionnés par l'agence nationale membre du réseau en fonction de ses priorités thématiques. Pour la France, le solaire thermodynamique est ainsi éligible pour des projets travaillant sur la réduction des coûts de production et sur l'intégration des installations au système électrique.

Dans un deuxième temps, une évaluation de l'ensemble des projets préselectionnés est effectuée par des évaluateurs indépendants afin de déterminer la liste des opérations retenues in fine pour un soutien financier. Ce soutien se compose d'une aide fixée par l'agence nationale, en fonction de ses propres barèmes, dont une partie des fonds provient de l'Union européenne. Ainsi, concernant le dernier programme en date qui s'est ouvert du 5 décembre 2016 au 20 février 2017, les pourcentages d'aide variaient de 25 à 70 % du coût total du projet en fonction du profil des porteurs (public, privé, grand groupe ou PME) et de l'orientation de l'action (recherche appliquée ou fondamentale). L'enveloppe budgétaire de l'Ademe pour ce round était alors de 300 000 euros. Un nouvel appel à projet Solar-era.net devrait être ouvert en début d'année 2018.

www.solar-era.net

L'autre élément fort des choix faits au cours de ces années a été, pour les acteurs français de la filière, de se spécialiser sur la technologie des concentrateurs linéaires de Fresnel. Pour la production d'électricité, cette technologie est traditionnellement concurrente de celle des capteurs cylindro-paraboliques. Elle a l'avantage d'être moins chère et moins sophistiquée, mais elle offre un rendement moyen inférieur à la technologie cylindro-parabolique. Autre atout important, les concentrateurs solaires peuvent être utilisés dans

des applications variées qui ne se cantonnent pas à la production d'électricité. Ainsi, ces technologies sont intéressantes pour obtenir de la vapeur à température intermédiaire pour des applications dans l'industrie ou dans des procédés de désalinisation d'eau de mer. En 2011, Areva avait décroché un important contrat à Kogan Creek en Australie, où l'énergie solaire thermique devait améliorer le rendement d'un site de production d'électricité à par-

tir de charbon en injectant de la vapeur dans le process. Mais le retrait d'Areva du solaire thermodynamique a empêché l'aboutissement du projet.

SIX ANS APRÈS LA RELANCE DE LA FILIÈRE, QUEL BILAN ?

Quel bilan tirer de la relance de la filière thermodynamique en France initiée en 2011-2012 ? Sur les six projets retenus par l'AMI de l'Ademe ou par la procédure d'appel d'offres de la CRE, seuls trois ont été achevés ou sont en passe de l'être. Les deux opérations terminées sont celles de Microsol et d'eCare. La première, portée par Schneider Electric, a débouché sur un démonstrateur associant PV et CSP installés sur le site du CEA à Cadarache. La partie solaire thermodynamique n'a cependant pour l'instant pas débouché sur des possibilités de réplifications. Le second projet, porté par la Cnim, s'est achevé après des travaux de R&D concluants sur le prototype de la Seyne-sur-Mer et dans la perspective de la réalisation du troisième projet, qui est l'opération la plus importante en envergure : il s'agit de la centrale solaire de Llo. Les trois autres dossiers retenus ont été abandonnés. Ainsi le projet Stars proposé par Areva, et sélectionné dans le cadre des AMI de l'Ademe en 2012, a été stoppé suite à l'annonce en 2014 du retrait de l'industriel du domaine du solaire thermodynamique. Autres pistes prometteuses non abouties, les sites développés par la société Solar Euromed. Après la liquidation de la société en 2016, le projet d'Alba Nova et le démonstrateur de tube absorbeur à haute température, retenu parmi les quatre dossiers de l'AMI de 2012, ont tous les deux été abandonnés. Reste donc le projet de Llo comme principal démonstrateur solaire thermodynamique développé en France au cours des

dernières années. Il amorce ses dernières phases avant une mise en service prévue pour courant 2018. Basé sur la technologie de Fresnel, le site disposera de plus de 95 000 miroirs (153 000 m²) et de 9 ballons accumulateurs de vapeur proposant 4 heures de stockage d'énergie. La partie électrique devrait permettre la production d'environ 20 GWh par an. Suncnim signale, par ailleurs, que la centrale sera « éco-conçue et 100 % recyclable ».

Initialement, le site de Llo devait être un démonstrateur destiné à étoffer la vitrine technologique française en matière de solaire thermodynamique pour produire de l'électricité. Avant même la mise en service de l'installation, la centrale solaire a déjà apporté son lot de retour d'expérience et a notamment contribué à améliorer les matériaux et les éléments utilisés. Cependant, le site de Llo, avec 9 MWe et ses capacités limitées de stockage de l'énergie (autour d'une heure), ne correspond pas aux standards du marché des grosses installations de production d'électricité qui peuvent se réaliser au Maroc où en Afrique du Sud. Dans ces pays, ce sont davantage des sites d'une puissance allant de 50 à 150 MW qui sont recherchés, reposant sur des technologies de centrales à tour et utilisant des sels fondus pour obtenir des capacités de stockage de très longue durée (jusqu'à 7 heures). Le démonstrateur de Llo ne sera cependant pas inutile. En plus des enseignements qu'il a déjà livrés, il faut se rappeler de la souplesse de la technologie de Fresnel. Son exploitation reste tout à fait pertinente pour des usages thermiques, notamment pour de la production de vapeur dans des process industriels. Cette piste est d'ailleurs, selon Alain Ferrière du laboratoire Promes (voir "Trois question à"),

La climatisation solaire, l'autre facette du solaire thermique à concentration

Le solaire à concentration n'est pas uniquement voué à produire de l'électricité. La société Helioclim, créée en 2011 et plusieurs fois primée pour ses solutions de climatisation à partir d'énergie solaire, est actuellement en phase d'achèvement d'un démonstrateur préindustriel qui alimentera en chaleur et en froid le centre commercial Leclerc de Saint-Raphaël (83) grâce à l'énergie du soleil. Le système est constitué d'une machine à absorption réversible permettant de produire de l'eau glacée ou chaude, alimentée par un système de capteurs solaires thermiques à concentrateurs. La solution comporte également des dispositifs de stockage d'énergie et d'appoint en énergie de relève. Côté capteurs, un champ de 130 capteurs Heliolight 4800, de type cylindro-parabolique, sera installé en toiture du centre commercial pour alimenter une machine de 250 kW froid. Ces capteurs, en verre argenté, se distinguent de la concurrence en ne présentant pas de vieillissement de la surface de concentration, ce qui permet un maintien des rendements dans le temps. Les miroirs seront posés sur une structure composite légère qui permettra son installation sur la toiture du centre. La mise en service est prévue pour l'été 2018, et ce sera alors l'une des plus grandes puissances froid solaires installées en France. L'objectif est, à terme, de dupliquer cette solution en France ou à l'export. Cette réalisation s'intègre dans le cadre du projet Scrib (Solaire de climatisation réversible intégré au bâti) cofinancé par l'Ademe et les Investissements d'Avenir.

la meilleure voie à suivre pour tenter une relance de la filière française.

QUELLE STRATÉGIE POUR LA FILIÈRE ?

Au moment de la relance de la filière solaire thermodynamique française, la stratégie nationale visait à développer un savoir-faire sur la base de projets portés à la fois par des petites PME et des grands groupes (Schneider Electric, Areva). Soutenu par un réseau de laboratoires de recherche, qui reste actif sur le domaine (voir dernière partie de la fiche), l'objectif était de stimuler une filière industrielle française et d'accompagner sa montée en puissance. Cependant, le retrait de plusieurs acteurs du secteur (grands entreprises comme PME) et la difficulté de faire aboutir les démonstrateurs laisse

l'image d'une filière industrielle nationale qui reste encore largement à structurer. Sur la partie électrique, les acteurs industriels sont trop rares (Suncnim et Alsolen) et les grands groupes, tels que EDF ou Engie, semblent préférer se placer sur leur cœur de métier au sein de grands consortium internationaux plutôt que de chercher à faire émerger un savoir-faire technologique spécifique au solaire thermodynamique. Concernant les valorisations thermiques, la situation est différente. Plusieurs entreprises françaises gagnent régulièrement des appels d'offres dans des projets solaires à concentrations sans avoir une seule installation sur le sol national. C'est

le cas de la société Degremont, qui utilise sa technologie solaire thermodynamique dans des procédés de dessalement d'eau de mer. Pour ces applications, la vitrine du savoir-faire français existe et elle est représentée par l'ensemble des réalisations faites à travers le monde. C'est un peu la même chose pour l'utilisation de vapeur solaire dans des procédés industriels.

UN MARCHÉ INTERNATIONAL TRÈS COMPÉTITIF

Au niveau mondial, la filière solaire thermodynamique a déjà fait un bond entre 2005 et 2016 en passant de 355 MW installés à 4,7 GW. Cette croissance a été essentiellement tirée par l'Espagne (2,3 GW) et les États-Unis (1,7 GW). Selon CSP Today, un cabinet d'étude anglais spécialisé dans le secteur, les projections d'évolution du marché font état d'un parc installé qui se situerait entre 20 et 22 GW en 2025. À plus long terme, l'Agence internationale de l'énergie (AIE) prévoit une contribution du solaire thermodynamique à hauteur de 11 % de la production électrique mondiale en 2050. Cette prévision, qui date de septembre 2014, est restée inchangée par rapport à l'objectif de la feuille de route 2010. Avec plus de 1 000 GW de capacité installée dans ce scénario, les centrales associées ou non à des systèmes de stockage de l'énergie pourraient assurer une production annuelle de 4 770 TWh, soit l'équivalent de la consommation des États-Unis.

Aujourd'hui, les principaux marchés dans le secteur sont l'Afrique du Sud, le Maghreb, le Chili et la Chine. Parmi les pays les plus ambitieux figure le Maroc, où le programme Noor prévoit le développement de centrales solaires d'une capacité totale de 2 000 MW d'ici 2020 et devrait permettre une économie annuelle des émissions de

gaz à effet de serre équivalente à 3,7 millions de tonnes de CO₂. Dans l'optique de ce programme, la filière solaire marocaine se met en place sous les auspices de l'agence marocaine de l'énergie solaire (Masen), qui pilote la stratégie. Cinq sites ont été présélectionnés pour accueillir les futures installations : Ouarzazate, Midelt, Laâyoune, Boujdour et Tata. Le complexe de Ouarzazate, d'une étendue de 3 000 hectares et d'une capacité de 580 MW, est le plus grand au monde. Il sera constitué de quatre centrales solaires multitechnologiques (CSP cylindro-parabolique, CSP tour et photovoltaïque), associées à une plateforme de recherche et développement qui s'étend sur plus de 150 hectares. La France est associée au plan Noor, notamment dans le domaine de la recherche et développement.

Masen a signé à l'été 2015 un partenariat tripartite « *d'ambition mondiale* » avec le Commissariat français à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA) et le conglomérat industriel français Alcen. Les accords visent particulièrement la technologie utilisant les miroirs de Fresnel avec l'entrée de Masen au capital d'Alsolen, filiale d'Alcen. L'agence marocaine a déboursé 30 millions d'euros pour acquérir 50 % de l'entreprise. L'objectif est de développer et commercialiser des centrales thermodynamiques utilisant comme fluide caloporteur de l'huile et dotées d'un stockage thermique direct à thermocline en roche. Ces centrales peuvent produire, selon les besoins, de l'électricité (via un cycle organique de Rankine), de la chaleur industrielle et/ou du froid (machine à absorption) et/ou du dessalement d'eau de mer (par distillation multieffet). Point important de la collaboration, pour encourager le transfert de savoir-faire, la réalisa-

tion des futures centrales sera localisée en grande partie au Maroc.

Plus récemment, l'agence Masen a conclu en juillet 2016 un accord de collaboration de 1,5 million d'euros avec le CEA afin d'étudier le vieillissement des centrales solaires CSP et de développer une usine de dessalement à énergie solaire. Autre acteur français engagé, la start-up franco-américaine HeliosLite a pu bénéficier des financements de l'Iresen (l'Institut de recherche en énergie solaire et énergies nouvelles, marocain) pour tester des trackers sur la plateforme solaire Green Energy Park, à Benguerir. La technologie française a des atouts à faire valoir mais la concurrence est rude. La première vague des gros appels d'offres lancés dans le solaire n'a pas été favorable aux opérateurs tricolores. Ainsi les marchés des centrales thermodynamiques Noor I, II et III ont été remportés tous les trois par le saoudien Acwa Power, en consortium avec la société espagnole Sener, sur la base d'offres financières très compétitives.

LA RECHERCHE RESTE ACTIVE

Malgré la concurrence étrangère, les acteurs français ont une carte à jouer. Le pays dispose des compétences nécessaires et du tissu d'entreprises sur l'ensemble de la chaîne de valeur (fabricants de turbines, de miroirs, de trackers, de structures métalliques, mais aussi ingénierie), même si la filière industrielle est encore à constituer. Un autre avantage français est de pouvoir compter sur un réseau de laboratoires de recherche très actif sur le sujet avec comme tête de pont le laboratoire Promes (pour Procédés, matériaux et énergie solaire). Cette unité propre du CNRS a pour mission de faire de la recherche en profitant notamment des installations à concentration françaises de Font-Romeu

(four solaire d'Odeillo) et de la tour solaire de Thémis. Le laboratoire couvre l'ensemble des aspects de la filière en travaillant à la fois sur les technologies de captation des rayonnements solaires (réflecteurs à miroirs de Fresnel, centrale à tour ou réflecteurs cylindro-parabolique), sur les fluides caloporteurs et sur les systèmes de stockage. Parmi les thèmes plus spécifiques de travail figure l'étude de la résistance et du vieillissement des matériaux à très hautes températures. L'objectif est de simuler les conditions extrêmes de température, sous environnement chimique et pression contrôlés, appliquées à des matériaux afin d'étudier leur comportement physico-chimique. Autre thème prometteur : le développement de procédés de production de carburants synthétiques comme l'hydrogène à partir d'énergie solaire thermique sans émission de gaz à effet de serre. Les différentes voies développées concernent notamment le craquage de méthane et de gaz naturel permettant la coproduction d'hydrogène et de noir de carbone ainsi que les cycles thermochimiques de décomposition de l'eau. Le recyclage et la valorisation du CO₂ pour la production de combustibles de synthèse sont également étudiés.

On peut également citer le laboratoire du CEA Liten (Laboratoire d'innovation pour les technologies des énergies nouvelles et les nanomatériaux), qui a noué un partenariat avec la société Alsolen pour la conception de centrales solaires thermodynamiques de moyenne puissance allant jusqu'à 100 MWth (soit 20 MWe environ), particulièrement destinées aux réseaux isolés ou décentralisés. Un prototype a été réalisé sur le site de Cadarache. Il est doté d'un stockage thermique direct de type

SOLAIRE THERMODYNAMIQUE

thermocline à lit de roche, qui permet une extension de fonctionnement de 4 heures pleine puissance.

Autre acteur de la recherche sur le solaire à concentration, le laboratoire Rapsodee (Recherche d'Albi en génie des procédés des solides divisés, de l'énergie et de l'environnement) localisé à l'école des Mines d'Albi et rattaché au CNRS depuis 2001. ●

Quelques sites pour aller plus loin :

- ✓ Les pages dédiées à la filière sur le site de l'Ademe : www.ademe.fr
- ✓ www.promes.cnrs.fr
- ✓ <http://liten.cea.fr/cea-tech/liten>
- ✓ www.estelasolar.org
- ✓ www.foursolaire-fontromeu.fr
- ✓ Les pages dédiées à la filière sur le site du Syndicat des énergies renouvelables (www.enr.fr)



3 QUESTIONS

de l'Observatoire
des énergies renouvelables



à **Alain Ferrière**,
responsable
de l'équipe de
recherche vecteurs
énergétiques
durables au
laboratoire Promes
du CNRS

1 Quelle est la situation aujourd'hui de la filière française CSP pour la valorisation électrique ?

Au tournant des années 2010 on a véritablement cru à une relance possible de la filière solaire à concentration pour la partie électrique. Les projets retenus dans le cadre de l'AMI de l'Ademe et les deux sites de démonstrateurs issus de l'appel d'offres CRE devaient redonner un élan au secteur. Toutefois, le choix fait par plusieurs acteurs de se retirer de cette technologie et l'arrêt de Solar Euromed ont fait qu'une bonne part de ces projets n'ont pas abouti. Le développement industriel de la filière se résume, aujourd'hui, presque exclusivement au site de Llo, même si la recherche reste, quant à elle, plus active. La vitrine technologique du savoir-faire français est encore à construire. Cela dit, le marché mondial de l'électricité solaire thermodynamique n'est globalement pas très dynamique ces dernières années. Il ne se passe pratiquement plus rien en Europe et seuls le Maroc, le Chili, l'Afrique du Sud et la Chine ont des programmes. Il faudrait que davantage de pays soient actifs sur cette technologie.

2 Llo va aboutir plus de sept ans après l'appel d'offres qui l'a fait émerger. C'est une période très longue en matière d'électricité solaire, pendant laquelle le photovoltaïque a vu ses coûts se réduire très fortement. Quel pourra être le rôle du démonstrateur une fois mis en service ?

Llo est un démonstrateur préindustriel qui a déjà apporté des enseignements et des résultats. Les méthodes de fabrication d'assemblage des miroirs ont été optimisées, les tests faits sur des matériaux ont déjà permis d'avancer sur plusieurs aspects, notamment sur celui de la réduction du poids des miroirs. Sur la question du coût de l'énergie produite, il faut être prudent. Les coûts de Llo, qui sont ceux d'un démonstrateur situé en France avec des conditions d'ensoleillement propres à son site, ne peuvent évidemment pas être comparés avec ceux qui sortent des appels d'offres internationaux comme ceux de Noor au Maroc. Même s'il est vrai que la technique la plus demandée aujourd'hui au niveau international en matière de production électrique n'est pas celle de Llo, il faut capitaliser sur les retours d'expériences que le site va nous donner. Les enseignements sur la technologie des réflecteurs de Fresnel vont être précieux et il faudra davantage se tourner vers des valorisations thermiques.

3 Que faudrait-il, selon vous, pour relancer la filière solaire thermodynamique en France ?

Je pense qu'il faudrait consacrer davantage d'efforts au développement des usages chaleur dans l'industrie. Il n'y a, à ma connaissance, actuellement pas de



programme pour soutenir ce type de valorisation du CSP en France alors qu'il y a de vrais besoins. Peut-être que les projets en la matière pourraient émarger au Fonds chaleur, notamment dans la catégorie NTE. Des acteurs comme Newheat commencent à aller sur l'usage du solaire à concentration pour des besoins vapeurs dans des processus de production, mais c'est le tout début. Pour moi, c'est une des clés d'une éventuelle relance de la filière CSP en France : cibler davantage les usages thermiques. ●

TABLEAU DE BORD DES ÉNERGIES RENOUVELABLES ÉLECTRIQUES EN FRANCE

CHIFFRES CLÉS ÉLECTRICITÉ RENOUVELABLE

Capacité EnR électrique installée au 30 septembre 2017

 **48 071 MW**

Production EnR*

 **87 876 GWh**

Taux de couverture EnR de la consommation électrique

 **19,4 %**

Emplois directs 2016

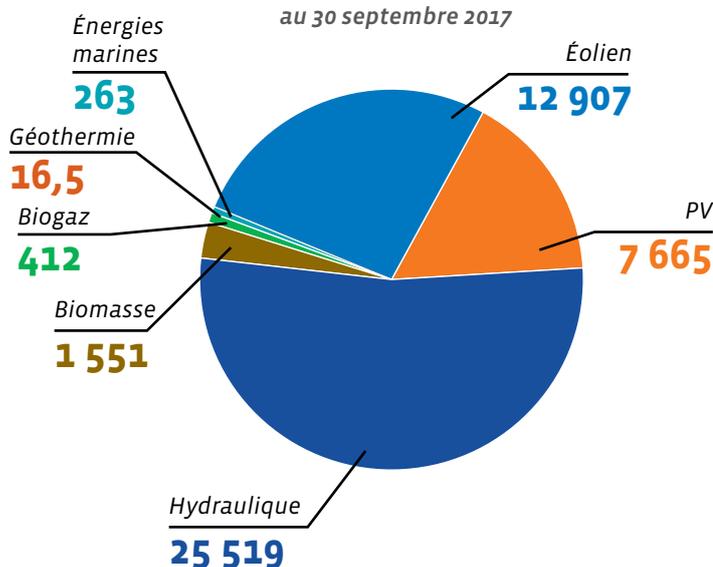
 **44 460**

Chiffre d'affaires 2016

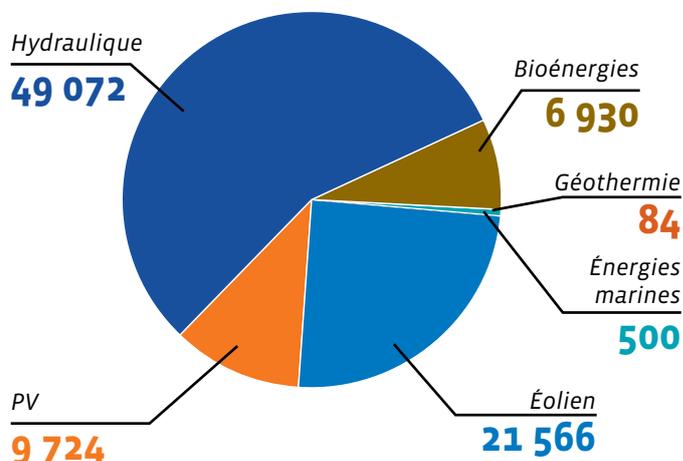
M € 15 159

PUISSANCES ET PRODUCTIONS

Répartition du parc EnR électrique (MW) au 30 septembre 2017



Production électrique des filières EnR (GWh)*



EMPLOIS ET MARCHÉS 2016



Éolien



PV



Hydro-électricité



Biomasse solide**



Biogaz**



Déchets**



Géothermie**



Énergies marines

	Éolien	PV	Hydro-électricité	Biomasse solide**	Biogaz**	Déchets**	Géothermie**	Énergies marines
Emplois	15 900	5 700	12 340	6 160	1 570	660	2 220	2 090
Chiffre d'affaires	4 516	3 861	3 637	1 598	372	215	368	592

* Production au 30 septembre 2017 sur les 12 mois précédents.

** Chiffres pour toutes valorisations confondues (électricité et chaleur).

SYNTHÈSE

Observ'ER

Le Baromètre 2017
des énergies renouvelables
électriques en France

LES OBJECTIFS D'ÉLECTRICITÉ RENOUVELABLE POUR LA FRANCE EN 2023 SERONT-ILS ATTEINTS ?

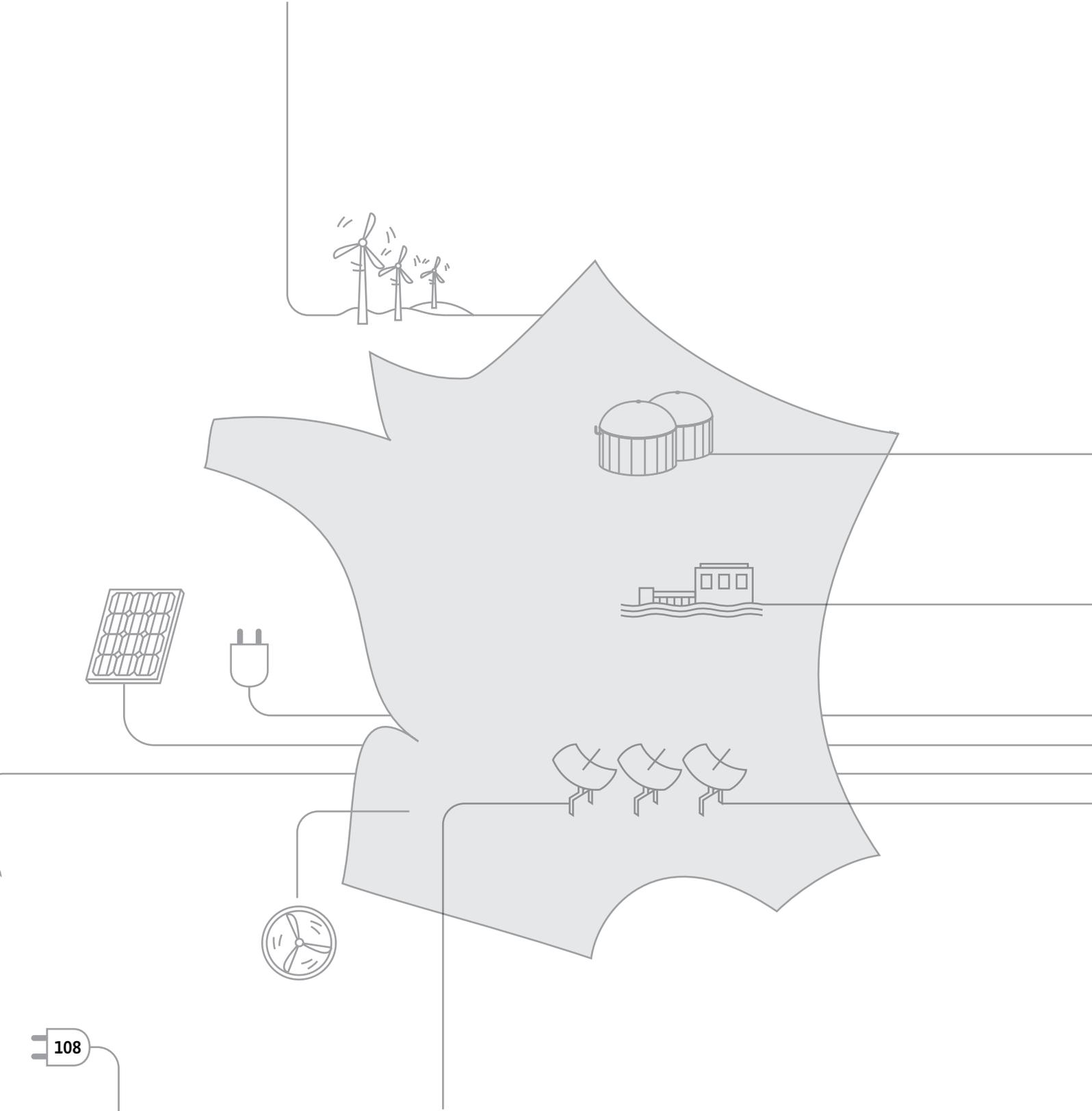
Filière	Objectifs 2023 ¹	Situation actuelle	
Hydraulique	Entre 25 800 et 26 050 MW	25 519 MW fin sept. 2017	La PPE n'attend aucun développement de la filière si ce n'est le remplacement d'anciennes installations. Pourtant, un potentiel existe.
Éolien terrestre	Entre 21 800 et 26 000 MW	12 907 MW fin sept. 2017	La filière monte en puissance et pourrait parvenir au rythme de croisière (2 GW par an) qui lui permettra d'atteindre la fourchette haute des objectifs. Elle a besoin pour cela que les actions de fluidification de son activité se poursuivent.
Solaire photovoltaïque	Entre 18 200 et 20 200 MW	7 665 MWc fin sept. 2017	Les objectifs sont ambitieux, le cadre réglementaire est posé et le calendrier des appels d'offres devrait permettre d'atteindre les objectifs. Il faudra cependant rester vigilant sur les conditions de croissance de la filière (part de l'autoconsommation, activité sur les segments autres que les grandes installations, etc.).
Biomasse solide	Entre 790 et 1 040 MW	590 MW fin octobre 2017	Objectif incertain. Il dépendra de la réussite des appels d'offres CRE pour la biomasse solide et de l'amélioration énergétique des sites d'incinération actuels.
Biogaz	Entre 237 et 300 MW (pour la partie méthanisation seule)	130 MW fin sept. 2017 (pour la partie méthanisation seule)	L'objectif n'est pas très ambitieux mais la montée en puissance de la biométhanisation au détriment de la valorisation électrique pèse sur sa réalisation.
Énergie marines	3 100 MW de puissance installée (dont 3 000 MW d'éolien en mer posé)	263 MW fin 2017	Sur la base des chantiers éolien en mer engagés et des projets pilotes dans les autres énergies marines, l'objectif est atteignable. La grande inconnue reste l'avancement des chantiers offshore actuels, qui continuent de se heurter à de nombreux recours.
Géothermie	53 MW	16,5 MW fin 2017	L'objectif est atteignable compte tenu de l'ensemble des projets actuellement engagés.
Solaire thermo-dynamique	-	1,01 MW fin 2017	Pas d'objectif dans la PPE, cependant l'enjeu n'est pas au niveau de la production nationale mais de l'export.

1. Objectifs issus de la programmation pluriannuelle de l'énergie d'octobre 2016.

Observ'ER

Le Baromètre 2017 des énergies renouvelables électriques en France

Retour au sommaire



PANORAMA RÉGIONAL DES FILIÈRES RENOUVELABLES ÉLECTRIQUES EN FRANCE

Observ'ER
Le Baromètre 2017
des énergies renouvelables
électriques en France

PANORAMA RÉGIONAL

En 2016, les puissances électriques renouvelables raccordées ont progressé de 6,7 % par rapport à 2015. Sur les trois premiers trimestres de 2017, l'augmentation a été de 3,9 %. L'hydraulique reste la première filière de production d'électricité renouvelable avec un peu moins de 60 % du parc, mais sa capacité totale ne s'accroît pratiquement plus. L'éolien est le secteur qui a le plus pro-

gressé en 2017 avec 1 180 MW. Vient ensuite le photovoltaïque avec 550 MW de raccordements supplémentaires. Le premier parc région français reste celui d'Auvergne Rhône-Alpes, essentiellement grâce à ses installations d'hydroélectricité.



Tableau n° 1

Puissances régionales électriques renouvelables en MW par source d'énergie renouvelable en 2016

Source : Observ'ER d'après données SDES et RTE

	Hydrau- lique	Éolien	PV	Biomasse solide et déchets	Biogaz	Géo- thermie	Total
AUVERGNE RHÔNE-ALPES	11 601	443	705	137	35	0	12 921
OCCITANIE	5 393	1 165	1 472	108	31	0	8 169
GRAND EST	2 303	2 836	446	154	43	1,5	5 784
PROVENCE-ALPES- CÔTE D'AZUR	3 228	50	945	264	28	0	4 515
NOUVELLE-AQUITAINE	1 763	692	1 732	253	41	0	4 481
HAUTS-DE-FRANCE	4	2 740	128	129	39	0	3 040
BRETAGNE	277	913	190	39	16	0	1 435
CENTRE-VAL DE LOIRE	93	938	218	63	13	0	1 325
PAYS-DE-LA-LOIRE	9	733	413	37	30	0	1 222
BOURGOGNE FRANCHE-COMTÉ	520	467	196	23	13	0	1 219
NORMANDIE	50	643	123	87	12	0	915
ÎLE-DE-FRANCE	19	43	83	238	71	0	454
CORSE	223	18	116	0	2	0	359
RÉUNION	137	15	187	0	4	0	343
GUYANE	118	0	45	2	0	0	165
GUADELOUPE	9	30	69	0	0	14,5	123
MARTINIQUE	0	1	66	4	1	0	72
Total par filière	25 747	11 727	7 134	1 538	379	16	46 541

Tableau n° 2

Puissances régionales électriques renouvelables en MW par filière au 30 septembre 2017

Source : Observ'ER d'après données SDES et RTE

	Hydrau- lique	Éolien	PV	Biomasse solide et déchets	Biogaz	Géother- mie	Total
AUVERGNE RHÔNE-ALPES	11 602	488	745	138	34	0	13 007
OCCITANIE	5 395	1 310	1 565	109	31	0	8 410
GRAND EST	2 305	3 093	472	152	48	1,5	6 071
NOUVELLE-AQUITAINE	1 762	818	1 871	254	43	0	4 747
PROVENCE-ALPES-CÔTE D'AZUR	3 260	50	1 073	264	28	0	4 675
HAUTS-DE-FRANCE	4	2 990	132	137	42	0	3 304
BRETAGNE	277	957	201	43	21	0	1 498
CENTRE-VAL DE LOIRE	93	993	235	63	13	0	1 397
BOURGOGNE FRANCHE-COMTÉ	520	611	206	24	15	0	1 375
PAYS DE LA LOIRE	9	770	434	37	33	0	1 282
NORMANDIE	50	697	129	89	25	0	989
ÎLE-DE-FRANCE	19	70	89	239	71	0	488
CORSE	223	18	146	0	2	0	389
RÉUNION	138	15	189	0	4,4	0	347
GUYANE	119	0	46	2	0	14,5	182
GUADELOUPE	11	26	70	0,6	0,2	0	107
MARTINIQUE	0	1	66	1,5	1	0	70
MAYOTTE	n.d	n.d	15	n.d	0	0	15
Total par filière	25 787	12 907	7 684	1 553	411,6	16	48 337

Tableau n° 3

Productions régionales électriques renouvelables en GWh en 2016

Source : Observ'ER d'après données SDES et RTE

	Hydrau- lique	Éolien	Bioéner- gies	PV	Géother- mie	Géother- mie	Total
AUVERGNE RHÔNE-ALPES	28 393	858	971	821	0	0	31 043
OCCITANIE	11 123	2 575	762	1 849	0	0	16 309
GRAND EST	9 032	4 938	797	485	0	0	15 252
PROVENCE-ALPES-CÔTE D'AZUR	9 169	109	916	1 349	0	0	11 543
NOUVELLE-AQUITAINE	3 936	924	1 403	2 313	0	0	8 576
HAUTS-DE-FRANCE	16	4 943	949	148	0	1,5	6 056
CENTRE-VAL DE LOIRE	128	1 802	432	245	0	0	2 607
BRETAGNE	585	1 479	311	197	0	0	2 572
BOURGOGNE FRANCHE-COMTÉ	951	779	176	216	0	0	2 122
PAYS-DE-LA-LOIRE	19	1 262	335	441	0	0	2 057
NORMANDIE	131	1 184	423	125	0	0	1 863
ÎLE-DE-FRANCE	58	61	1 239	70	0	0	1 428
RÉUNION	464	18	17	260	0	0	759
CORSE	471	33	9	157	0	0	670
GUYANE	437	0	12	55	0	14,5	504
GUADELOUPE	34	52	0	94	84	0	264
MARTINIQUE	0	1	28	82	0	0	111
Total par filière	64 947	21 018	8 780	8 907	84	16	103 736

Tableau n° 4

Productions régionales électriques renouvelables en GWh d'octobre 2016 à septembre 2017¹

Source : Observ'ER d'après données SDES et Panorama de l'électricité renouvelable du SER

	Hydrau- lique	Éolien	Bioéner- gies	PV	Géother- mie	Total
AUVERGNE RHÔNE-ALPES	20 877	891	643	909	0	23 320
OCCITANIE	8 121	2 728	573	2 069	0	13 491
GRAND EST	6 809	4 978	603	523	0	12 913
PROVENCE-ALPES-CÔTE D'AZUR	8 465	108	769	1 480	0	10 822
NOUVELLE-AQUITAINE	2 571	1 114	1 384	2 491	0	7 560
HAUTS-DE-FRANCE	10	4 991	724	144	0	5 869
BRETAGNE	533	1 442	265	217	0	2 457
CENTRE-VAL DE LOIRE	63	1 766	328	273	0	2 430
PAYS-DE-LA-LOIRE	9	1 289	309	495	0	2 102
BOURGOGNE FRANCHE-COMTÉ	583	946	133	244	0	1 906
NORMANDIE	122	1 146	315	137	0	1 720
ÎLE-DE-FRANCE	63	71	837	79	0	1 050
CORSE	421	25	7	172	0	625
Total par filière	48 647	21 495	6 890	9 233	0	86 265

1. Données uniquement disponibles pour les régions de France métropolitaine.

En 2016, la production électrique d'origine renouvelable a été de 103 594 GWh pour l'ensemble des territoires français. Ce chiffre est en progression de 6,1 % par rapport à 2015. Les chiffres de production sont très variables d'une année sur l'autre, car guidés par les résultats de la filière hydroélectrique, elle-même dépendante de la pluviométrie annuelle. Ainsi, 2017 s'annonce moins bonne que l'année précédente puisque sur les douze mois glissants, d'octobre 2016 à fin septembre 2017, la production hydroélectrique sur la seule métropole affiche un niveau en net recul.

112

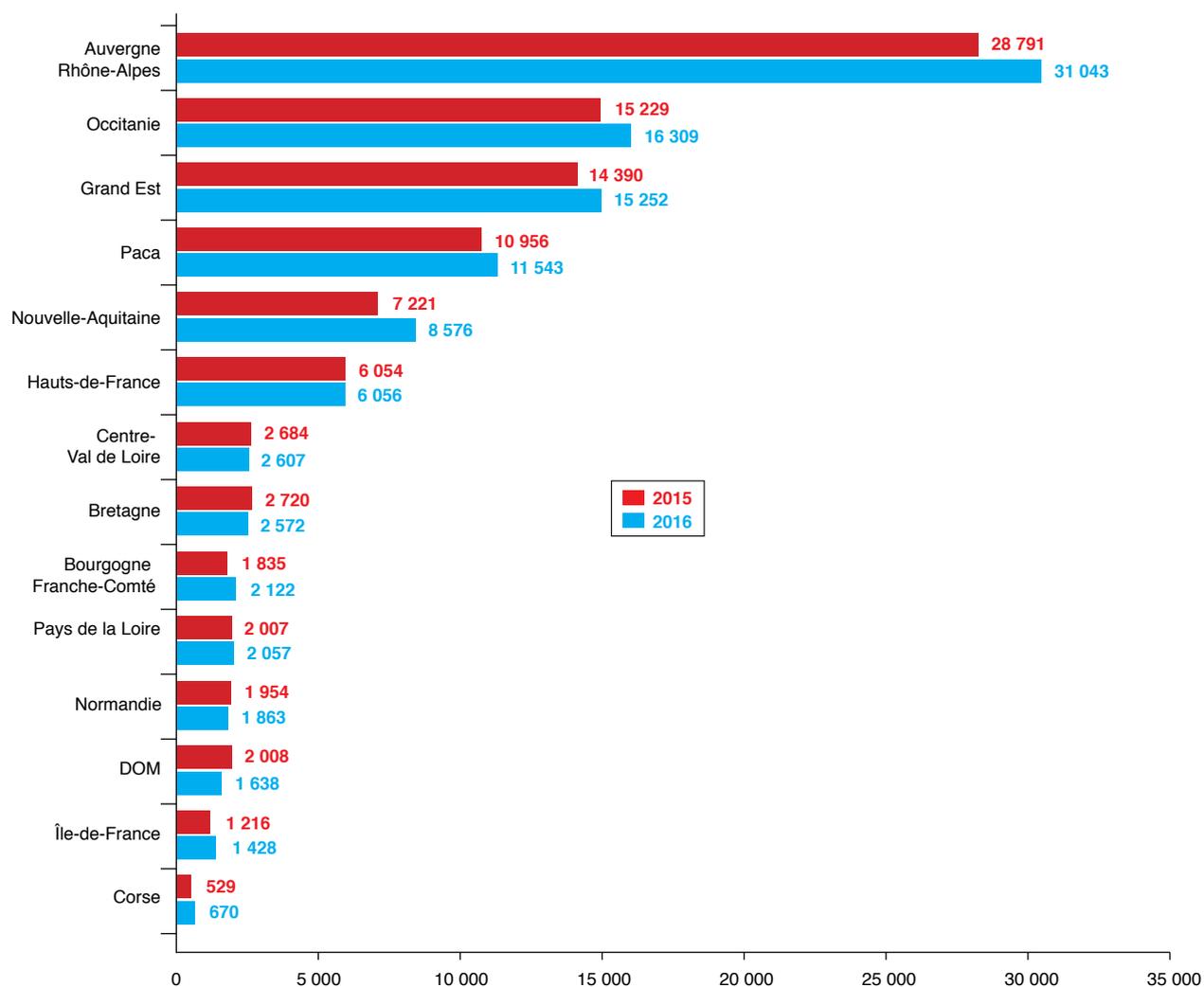
Observ'ER

Le Baromètre 2017
des énergies renouvelables
électriques en France

Graphique n° 1

Classement des régions selon la production électrique renouvelable en GWh pour toutes sources d'énergies renouvelables en 2015 et 2016

Source : Observ'ER d'après données RTE et SDES



113

L'observation du classement des régions françaises sur la base des chiffres de production électrique, toutes filières confondues, confirme l'augmentation globale et le rôle de l'hydroélectricité comme principale influence des résultats nationaux.

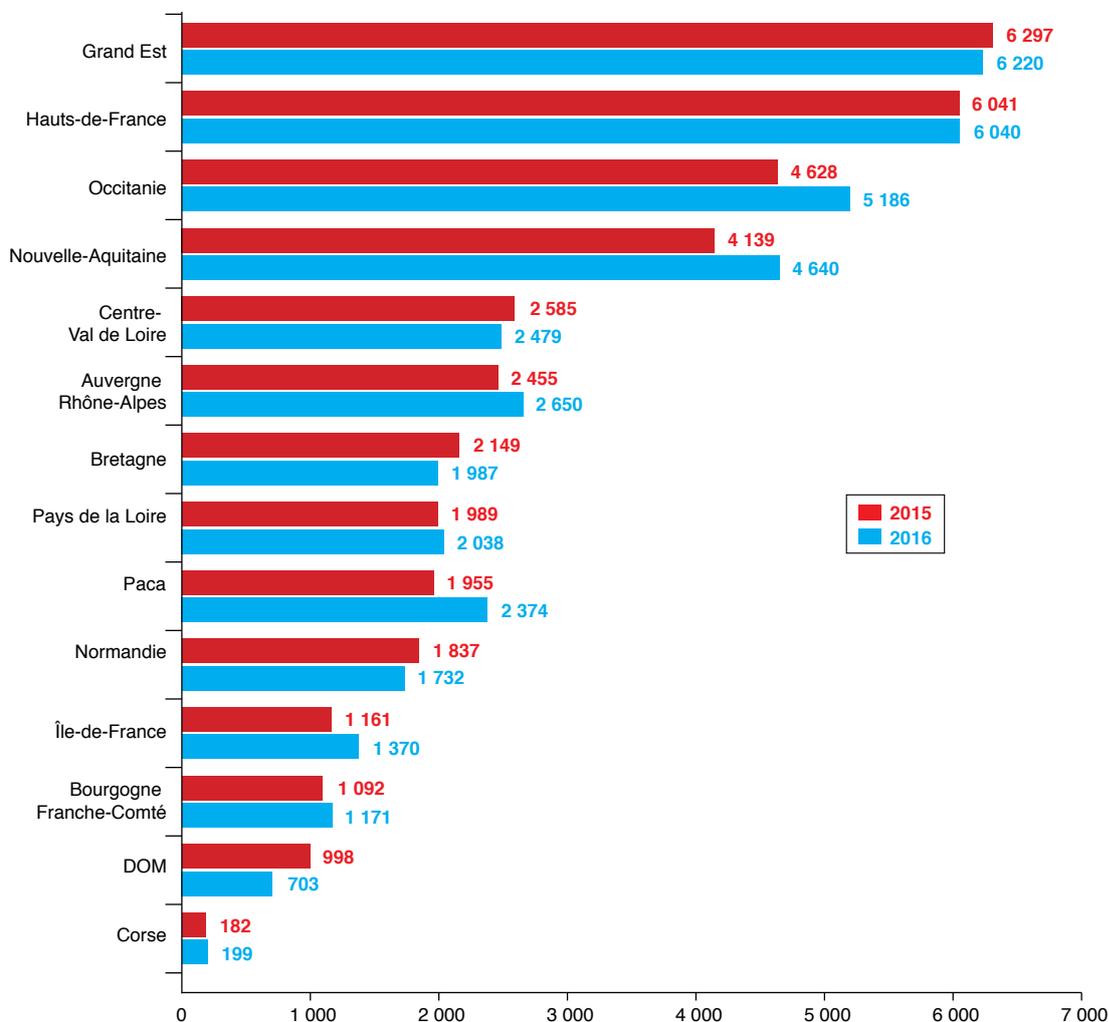
Observ'ER

Le Baromètre 2017
des énergies renouvelables
électriques en France

Graphique n° 2

Classement des régions selon la production électrique renouvelable en GWh pour les filières éolienne, photovoltaïque, biomasse et géothermie pour les années 2015 et 2016

Source : Observ'ER d'après données RTE et SDES



114

La filière hydroélectricité mise de côté, c'est la région Grand Est qui arrive en tête de la production électrique renouvelable. Dans l'ensemble, on observe une stagnation, voire un tassement, de la production pour un bon nombre de régions. Il s'agit essentiellement de territoires dont une forte part de l'électricité renouvelable est produite par des éoliennes.

Par exemple, les Hauts-de-France restent à production constante, alors que la région a raccordé 452 MW d'éoliennes supplémentaires en 2016.

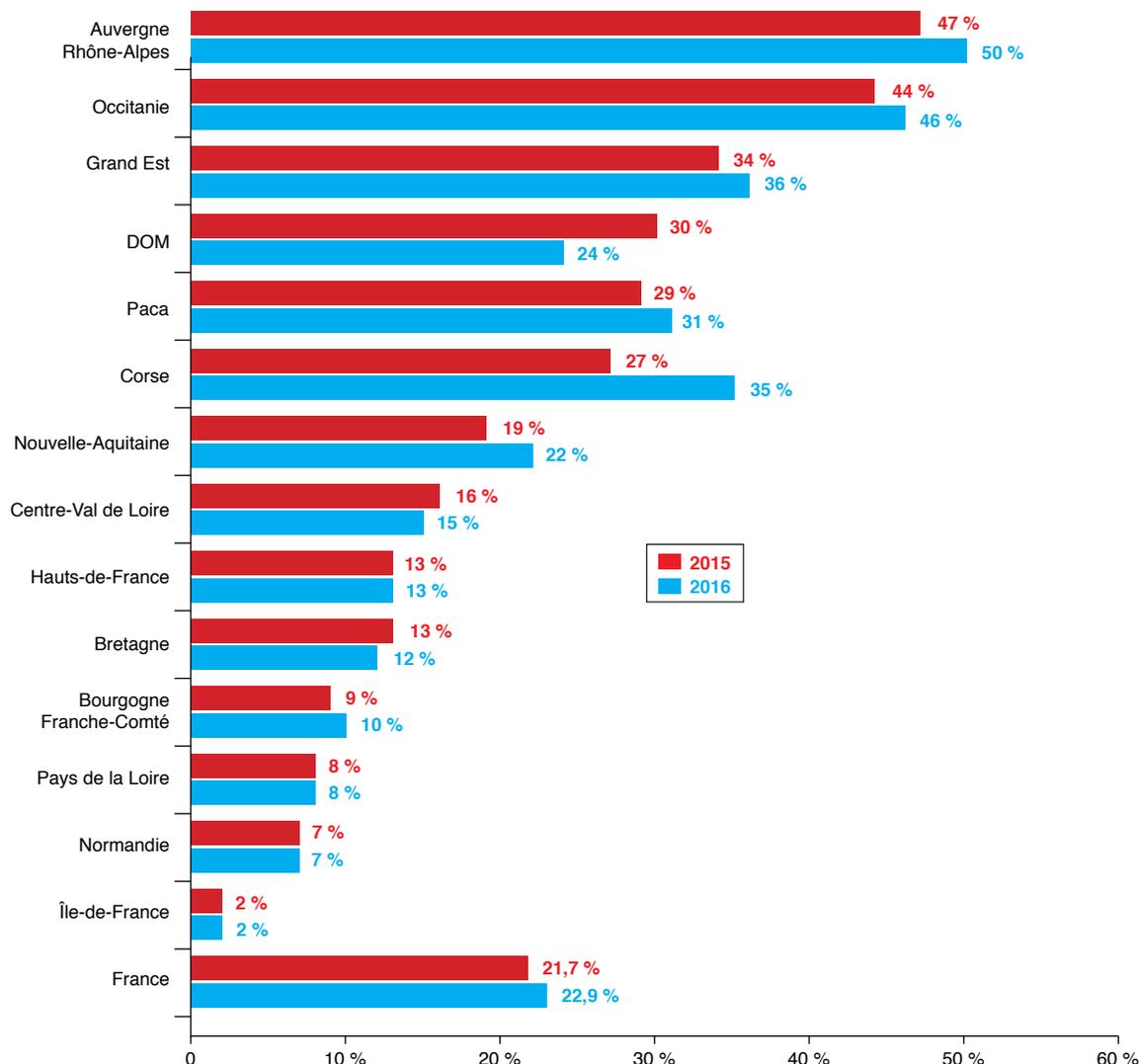
Observ'ER

Le Baromètre 2017
des énergies renouvelables
électriques en France

Graphique n° 3

Part des filières renouvelables dans la consommation électrique régionale totale en 2014 et 2015

Source : Observ'ER d'après des données RTE et SDES



En 2016, la part des filières renouvelables dans la consommation électrique du pays a augmenté, passant de 21,7 % à 22,9 %. Ce niveau est cependant en dessous des chiffres de 2014, année qui avait connu une forte pluviométrie (23,3 %). La région

Auvergne - Rhône-Alpes atteint le seuil symbolique de 50 % de sa consommation couverte par les énergies renouvelables, et ce, grâce à ses installations hydrauliques.

LES SCHÉMAS RÉGIONAUX D'AMÉNAGEMENT DU DÉVELOPPEMENT DURABLE

Le “schéma régional climat air énergie” (SRCAE) est un document de référence pour la planification du développement des énergies renouvelables au niveau régional, mis en place par les lois Grenelle 1 et 2. Pour chaque région, ce texte vise à organiser plusieurs volets concernant les secteurs de l'énergie et du climat dont :

- un état des lieux énergétique du territoire (bilan de production, de consommation et des potentiels énergétiques de la région) ;
- un ensemble de scénarios permettant de définir les objectifs régionaux détaillés à partir des engagements nationaux et internationaux de la France, des directives et décisions de l'Union européenne ainsi que de la législation et de la réglementation nationale. Généralement, les horizons de temps de ces scénarios sont 2020 et 2050 ;
- un “schéma régional éolien” (SRE), qui va définir les zones favorables au développement de cette énergie sur le territoire régional.

Le tableau suivant présente la synthèse des objectifs à fin 2020 pour le développement des énergies renouvelables de l'ensemble des treize régions métropolitaines plus les DOM (sans Mayotte, seule région sans SRCAE). Les cartographies des pages suivantes présentent l'état d'avancement des objectifs SRCAE propres aux filières éolienne et photovoltaïque pour chaque région à fin septembre 2017.

Les SRCAE sont destinés à être remplacés par les nouveaux schémas régionaux d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires (Sraddet). Ils s'appliqueront à l'ensemble du territoire national, à l'exception de l'Île-de-France, de la Corse et des régions d'outre-mer. Ces nouveaux documents regrouperont l'ancien schéma régional climat air énergie (SRCAE), le schéma régional de l'intermodalité, le schéma régional des infrastructures et des transports et le plan régional de prévention et de gestion des déchets. Les premiers Sraddet devront être approuvés par les régions avant fin juillet 2019. Leur rédaction

Des méthodologies différentes selon les régions

Malgré les recommandations fournies par les services de l'État, chaque région a mené l'exercice de l'élaboration de son SRCAE à sa façon, rendant ainsi la comparaison des résultats un peu délicate. C'est notamment le cas dans le secteur de la biomasse, qui parfois agrège les filières biomasse solide, biogaz et déchets et parfois ne renvoie qu'à la première de ces filières. Même constat pour le secteur de la géothermie, qui n'intègre pas systématiquement les pompes à chaleur aérothermiques. En revanche, pour les secteurs dédiés uniquement à la production d'électricité (éolien, photovoltaïque et hydroélectricité), le champ couvert par les objectifs est homogène entre les régions. Autre motif de divergence, l'année de référence choisie par la région pour l'établissement de son état des lieux énergétique diffère de 2005 à 2010 en passant par 2008.

Tableau n° 5

Objectifs des SRCAE à 2020 (en ktep)

Source : Observ'ER 2017

	Hydro-électricité	Bio-masse solide	Géo-thermie + PAC	Bio-carburants	Solaire photovoltaïque	Solaire thermique	Éolien	Bio-gaz	Autres	Total
AUVERGNE RHÔNE-ALPES	2 150	1 353	145	n.c	99	46	329	63	0	4 183
GRAND EST	708	1 337	183	649	77	114	720	68	19	3 874
NOUVELLE-AQUITAINE	320	2 409	67	129	264	73	482	57	7	3 807
OCCITANIE	1 179	1 259	93	48	284	24	882	35	3	3 805
HAUTS-DE-FRANCE	1	625	276	369	53	62	692	133	112	2 323
PACA	869	556	144	n.c	237	53	134	0	4	1 998
BOURGOGNE FRANCHE-COMTÉ	116	1 122	34	85	60	58	350	14	0	1 840
ÎLE-DE-FRANCE	7	658	715	n.c	45	66	69	176	47	1 783
BRETAGNE	7	488	0	n.c	34	12	473	132	343	1 489
NORMANDIE	13	783	64	151	37	36	321	67	9	1 481
CENTRE	12	650	120	n.c	23	25	560	80	0	1 470
PAYS DE LA LOIRE	2	510	145	n.c	46	10	331	80	150	1 274
RÉUNION	54	121	0	n.c	29	22	4	0	6	236
GUYANE	70	20	0	n.c	9	1	3	0	0	103
CORSE	48	17	10	n.c	8	3	5	1	2	95
MARTINIQUE	3	30	30	n.c	10	4	10	1	6	94
GUADELOUPE	4	25	18	n.c	17	9	15	5	0	93
Total par filière	5 562	11 964	2 044	1 430	1 332	617	5 381	911	708	29 948

n.c : non considéré

117

tion sera l'occasion pour les territoires de redéfinir leurs objectifs renouvelables à l'aune des évolutions survenues depuis les premières réflexions sur les SRCAE, qui datent de 2011-2012.

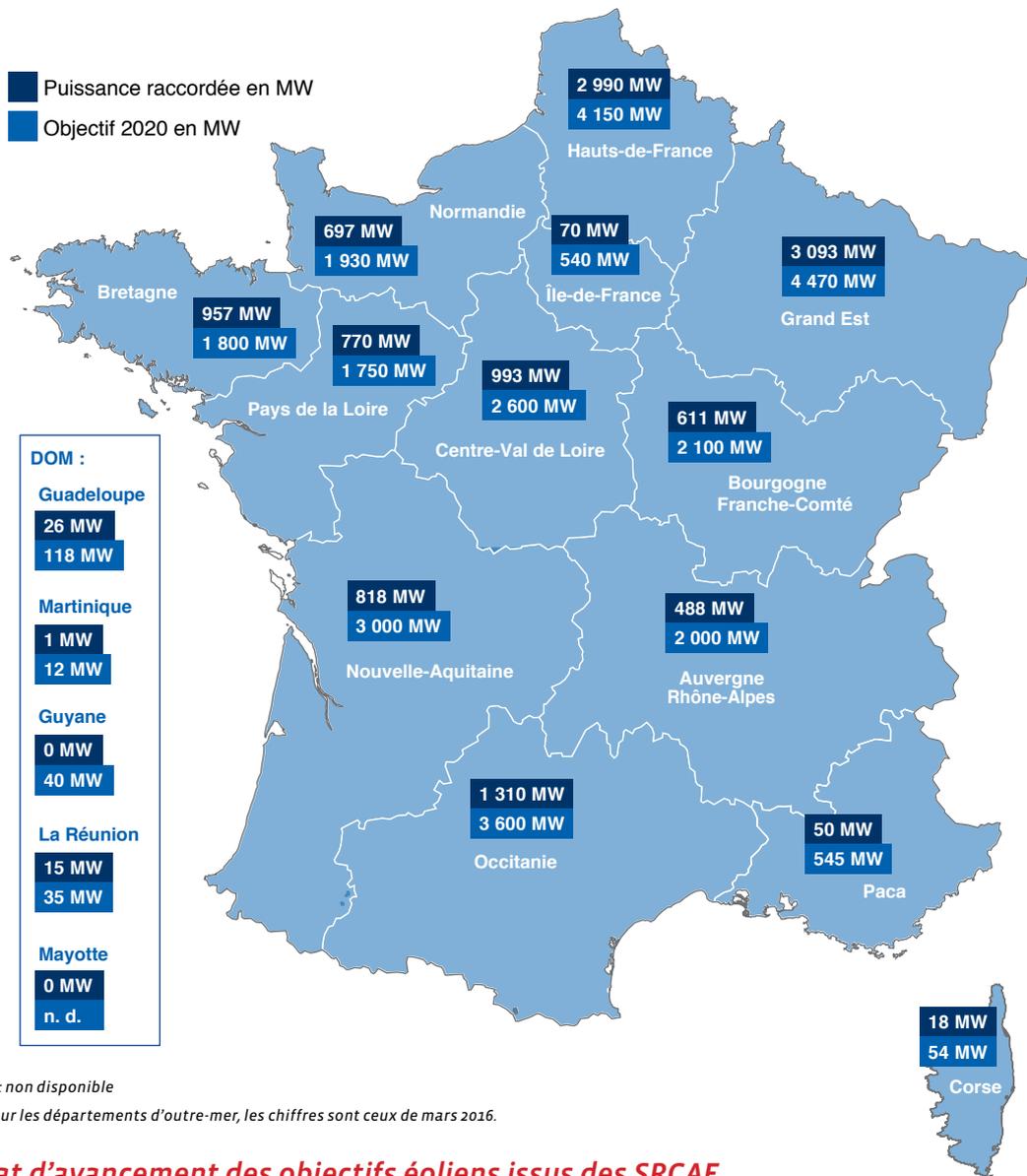
Observ'ER

Le Baromètre 2017
des énergies renouvelables
électriques en France

Carte n° 1

Comparaison de la puissance raccordée à fin septembre 2017 et des objectifs SRCAE 2020 pour la filière éolienne¹

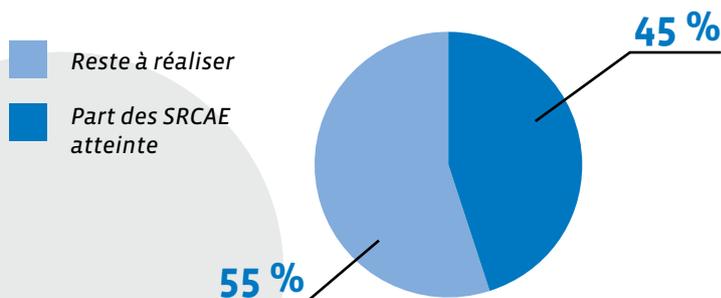
Source : Observ'ER d'après données SDES et SRCAE régionaux



n. d. : non disponible

¹. Pour les départements d'outre-mer, les chiffres sont ceux de mars 2016.

État d'avancement des objectifs éoliens issus des SRCAE au 30 septembre 2017



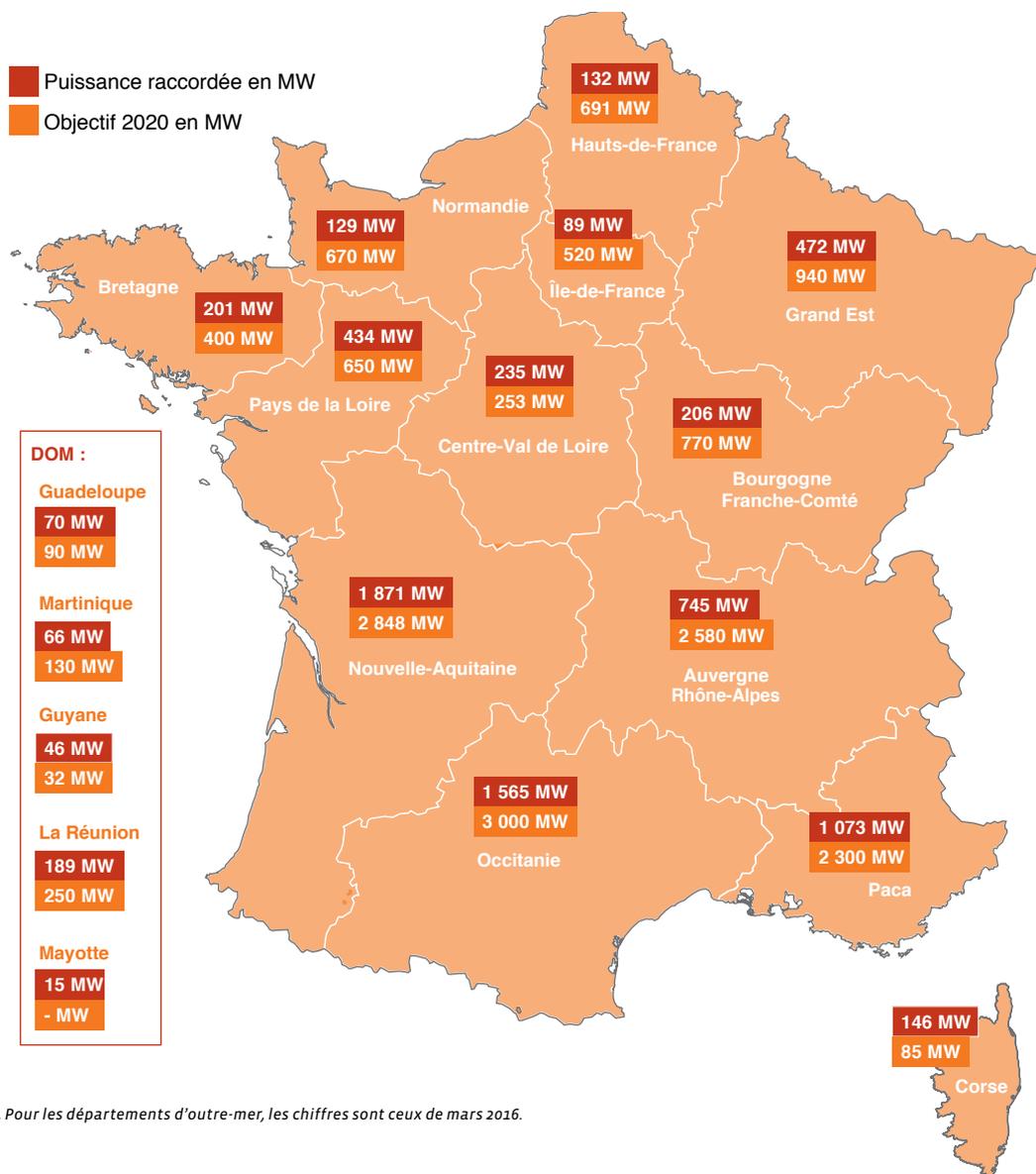
Observ'ER

Le Baromètre 2017
des énergies renouvelables
électriques en France

Carte n° 2

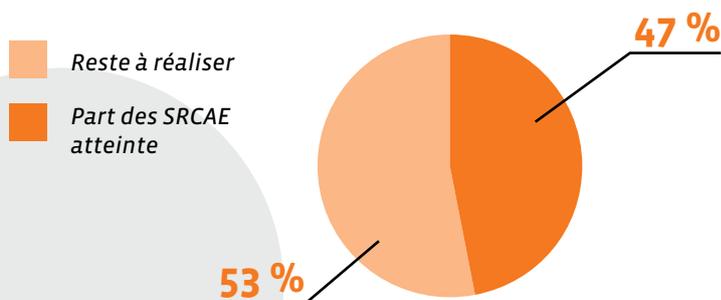
Comparaison de la puissance raccordée à fin septembre 2017 et des objectifs SRCAE 2020 pour la filière photovoltaïque¹

Source : Observ'ER d'après données SDES et SRCAE régionaux



¹. Pour les départements d'outre-mer, les chiffres sont ceux de mars 2016.

État d'avancement des objectifs photovoltaïques issus des SRCAE au 30 septembre 2017



Observ'ER

Le Baromètre 2017
des énergies renouvelables
électriques en France

LES S3REN R : OUTIL DE PLANIFICATION DES RÉSEAUX POUR L'ACCUEIL DES ÉNERGIES RENOUVELABLES ÉLECTRIQUES

L'évolution d'une production décentralisée à partir de sites d'énergies renouvelables nécessite une adaptation du réseau de distribution pour pouvoir collecter l'énergie produite et la distribuer localement ou l'acheminer vers le réseau de transport d'électricité. Pour cela, des schémas régionaux de raccordement aux réseaux des énergies renouvelables (S3REN) ont été élaborés. Ils ont pour objectif d'assurer une visibilité des capacités d'accueil des énergies renouvelables d'ici 2020, d'anticiper les développements de réseaux nécessaires et d'établir une mutualisation des coûts permettant de ne pas faire porter l'ensemble des adaptations des réseaux aux premiers projets EnR proposés.

Réalisés par RTE en accord avec les gestionnaires des réseaux de distribution, les S3REN doivent assurer un accès prioritaire aux réseaux publics d'électricité pour les énergies renouvelables. Pour cela, ils s'appuient sur les objectifs de développement des énergies renouvelables fixés dans les schémas régionaux du climat de l'air et de l'énergie (SRCAE). Les S3REN garantissent la réservation de capacités d'accueil pour les installations de production supérieures à 100 kVA pour une durée de dix ans. Parfois, des solutions de renforcement ou de création de lignes ou de postes sont nécessaires lorsque la capacité du réseau est insuffisante ou inexistante.

Les coûts associés au renforcement du réseau de transport et des postes sources sont à la charge des gestionnaires de réseaux et relèvent des investissements financés par le tarif d'utilisation du réseau public d'électricité. Cependant, les coûts

liés à la création d'ouvrages sont eux répartis entre les producteurs sur un périmètre régional de mutualisation par un calcul de quote-part. Une fois élaborés, les projets de S3REN sont mis en consultation auprès des organisations de producteurs, des chambres de commerce et d'industrie et des services déconcentrés de l'État. Chaque projet de S3REN fait également l'objet d'une évaluation environnementale.

LE BILAN DES S3REN À FIN 2016

Fin 2016, toutes les régions de France continentale (sur la base de l'ancien découpage en 21 régions) ont validé leur S3REN. La carte n° 1 synthétise les données des S3REN en présentant d'une part la capacité réservée pour le développement des EnR d'ici à 2020 et d'autre part le coût de la quote-part régionale pour le développement du réseau électrique.

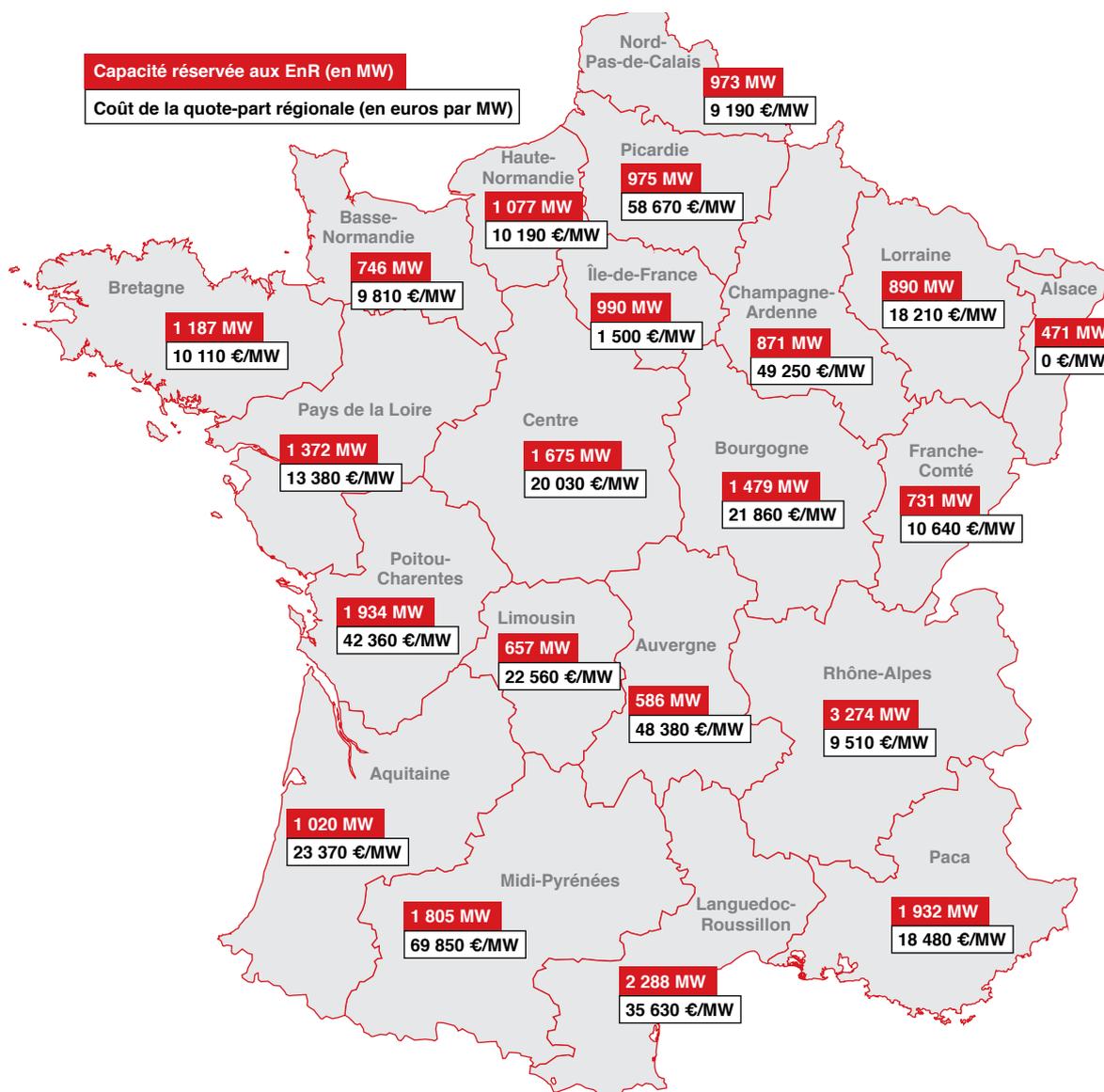
Les disparités régionales observées sont importantes. Les capacités réservées pour l'ensemble des EnR oscillent entre 471 MW en Alsace et 2 288 MW en Languedoc-Roussillon, avec des quotes-parts qui elles varient de 0 k€/MW en Alsace à 69,85 k€/MW en Midi-Pyrénées. Ces écarts s'expliquent à la fois par les capacités d'accueil initiales du réseau local et par les ambitions de développement des sites renouvelables électriques défini dans les SRCAE.

Ainsi, en Alsace, les travaux de concertation lors de l'établissement du S3REN ont permis de proposer un schéma sans investissement sur le réseau dans le périmètre de mutualisation tout en maintenant des distances de raccordement acceptables pour les futurs sites. En revanche, en Midi-Pyrénées, 153 millions d'euros d'investissements apparaissent nécessaires sur les réseaux de transport et

Carte n° 3

Synthèse des S3REnR à fin 2016

Source : RTE 2017



121

de distribution, dont 126 millions d'euros de créations d'ouvrages (qui reviennent donc à la charge des producteurs). La quote-part de 69,9 €/kW permet une couverture large des territoires de la région pour l'accueil de la puissance éolienne visée (1 600 MW) et préserve les équilibres nécessaires pour l'accueil des autres EnR de moindre puissance. ●

Observ'ER

Le Baromètre 2017
des énergies renouvelables
électriques en France



3 QUESTIONS

de l'Observatoire des énergies renouvelables



à **Pascal Sokoloff**,
directeur général
de la FNCCR

1 En 2017, les filières renouvelables électriques ont légèrement marqué le pas. Comment l'interprétez-vous ?

Plusieurs phénomènes sont à l'œuvre qui expliquent à mon sens cette stagnation. Il y a d'abord un phénomène d'attentisme, qui n'est pas propre à l'énergie mais s'observe dans tous les secteurs, lors de chaque période d'élections. Les acteurs, et c'est logique, s'interrogent sur la pérennité des dispositifs existants et attendent de voir si l'exécutif national s'inscrira en continuité ou non avec les politiques en place. Ensuite, l'année 2017 est celle où le complément de rémunération a commencé à s'installer dans le paysage énergétique et d'autres outils émergent, tel le power purchase agreement (PPA), qui permet de financer la production grâce à un prix sécurisé à long terme. Le financement des énergies renouvelables est de fait dans une période de transition, et cela peut aussi expliquer une forme de prudence des investisseurs. Enfin, et l'exemple de l'éolien maritime le montre, conduire des projets suppose beaucoup de patience et d'opiniâtreté car nos règles de

droit sont non seulement complexes mais autorisent aussi de nombreux recours, allongeant de manière considérable les délais de réalisation. La réforme récente induite par l'autorisation environnementale unique est un premier pas vers la simplification des règles, mais il y a encore du chemin. J'observe que cette question, régulièrement soulevée, fait partie des priorités du gouvernement.

En conclusion, je crois qu'il n'y a pas lieu de s'inquiéter outre mesure. La dynamique des énergies vertes est là et, de plus en plus, elle est portée par les acteurs publics, qui y voient un important facteur de création d'emplois et de valorisation des territoires. Mais soyons vigilants car le rythme global de développement des énergies renouvelables est encore insuffisant pour atteindre l'objectif de 23 % dans la consommation finale brute à l'horizon 2020.

2 Quels dispositifs pour accélérer le développement des EnR ?

Au-delà de la nécessaire simplification des règles administratives en termes d'urbanisme et d'aménagement des territoires, véritables leviers d'implantation des projets locaux, et d'un appui sur la participation citoyenne dans le financement, notamment pour ancrer le projet sur un territoire, les règles économiques doivent être durablement définies. Ainsi, le principe d'appel d'offres par filière est intéressant pour porter le développement de chacune d'entre elles. Néanmoins, et cela rejoint une de nos préoccupations, les conditions climatiques diffèrent sensiblement d'une région à l'autre. Il nous semble qu'il faudrait envisager de régionaliser les appels d'offres. En effet, un projet de



centrale photovoltaïque sur les rives de la Méditerranée part avec un avantage évident par rapport à d'autres, construits au nord de la Loire. Cette approche permettrait d'offrir aux territoires un véritable mix renouvelable. Par ailleurs, il est important d'avancer de manière concertée avec l'ensemble des réseaux, dans une approche décloisonnant les secteurs, en incluant également les logiques de mobilité propre. La chaleur renouvelable et de récupération a elle aussi un important potentiel de développement et doit avancer de manière coordonnée avec le réseau gaz et le réseau électrique.

3 Comment la FNCCR appréhende-t-elle l'autoconsommation ?

L'autoconsommation n'est pas un phénomène nouveau mais trois éléments expliquent son émergence : la baisse des coûts dans le photovoltaïque, la numérisation, qui s'illustre avec les compteurs évolués Linky capables d'enregistrer les flux entrants et sortants, une forte attente consumériste de proximité. Il y a de plus en plus de personnes qui souhaitent consommer l'électricité qu'elles produisent, même si ce n'est pas économiquement la solution la plus rentable à l'heure actuelle. Nous devons tenir compte de cette évolution et l'intégrer dans nos réflexions sur l'avenir de la distribution électrique. Car les réseaux n'ont pas été construits pour cela ! Il ne s'agit évidemment pas de tout refaire mais plutôt de dégager des solutions qui permettent à la fois aux autoconsommateurs de produire et consommer "local" lorsqu'ils le souhaitent et à la solidarité nationale de s'exprimer, par un financement adéquat et, sans doute, des dispositifs locaux de stockage

Quelques sites pour aller plus loin :

- ✓ www.energie-partagee.org
- ✓ www.reseau-taranis.fr
- ✓ www.cler.org
- ✓ www.eolien-citoyen.fr

Deux études de l'Ademe :

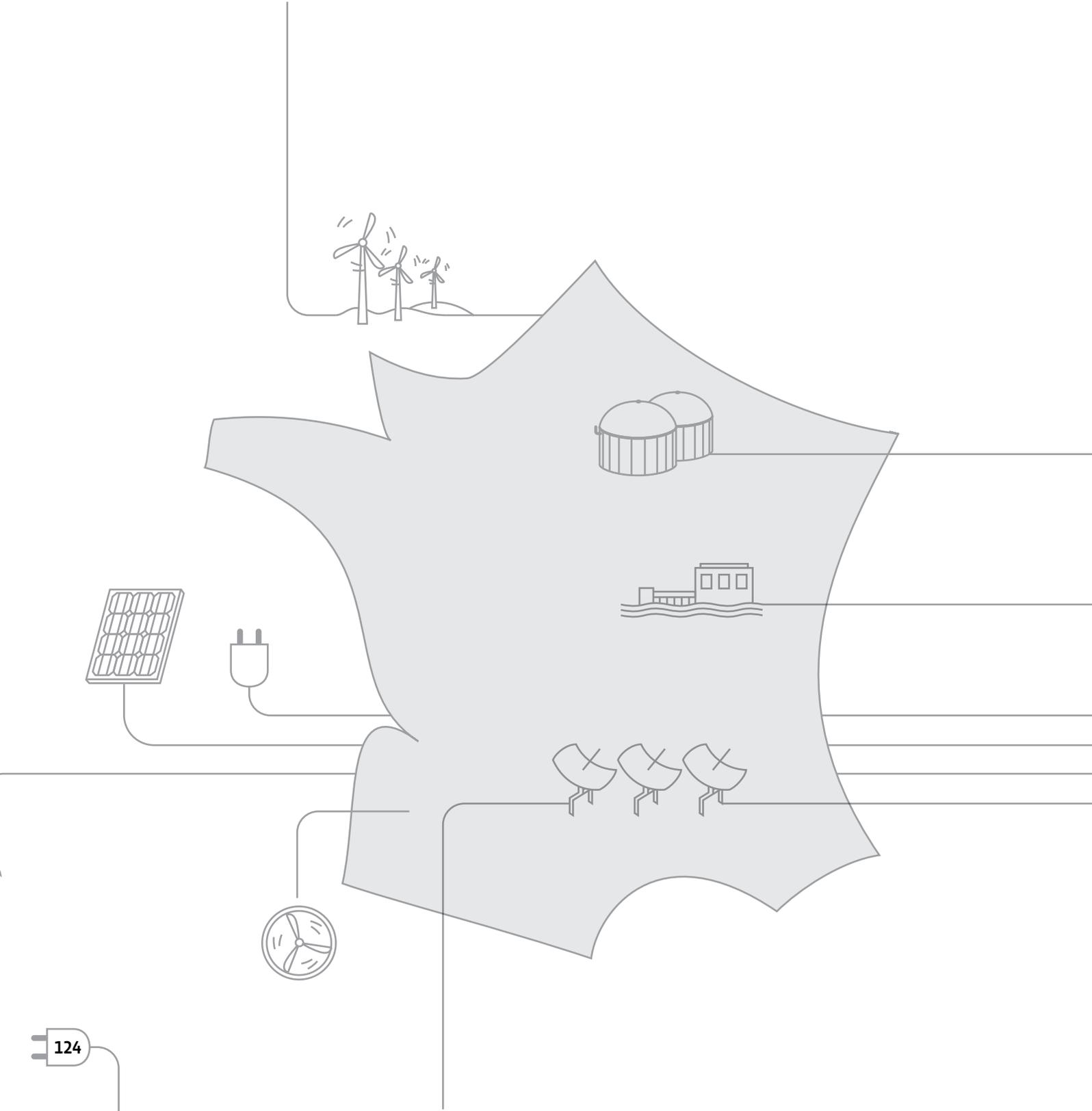
- ✓ *Etude du cadre législatif et réglementaire applicable au financement participatif des énergies renouvelables*, Ademe, décembre 2015
- ✓ *Quelle intégration territoriale des énergies renouvelables participatives ?*, Ademe, Février 2016

et d'effacement. La CRE réfléchit à un Turpe dédié, et c'est vraisemblablement la bonne piste : le réseau jouera un rôle assurantiel de plus en plus fort – par exemple la nuit lorsque le soleil ne produit plus et qu'il faut chauffer sa maison – et cela aura un coût pour l'autoconsommateur. De même, celui-ci devrait être incité à injecter tout ou partie de sa consommation pour contribuer à l'équilibre du réseau. Aussi, les autorités organisatrices du service public de l'énergie sont-elles aujourd'hui à la fois prudentes et enthousiastes face à l'émergence de l'autoconsommation. Prudentes car notre système électrique est fragile et que toute remise en cause de la péréquation lui fait courir des risques importants. Enthousiastes car cela favorise les projets locaux de transition énergétique et responsabilise les consommateurs. ●



RÉGIONS À LA LOUPE

Observ'ER
Le Baromètre 2016
des énergies renouvelables
électriques en France



MÉTHODOLOGIE ET SOURCES

CHIFFRES CLÉS ÉLECTRICITÉ RENOUVELABLE 2016

Capacité EnR
électrique installée



Source :
Observ'ER
d'après données
SDES, RTE et EDF

Production EnR



Source : RTE et
EDF

Taux de couverture EnR de la
consommation électrique



Source :
Observ'ER
d'après données RTE et
EDF

Puissance EnR
raccordée 2010-2016



Source :
Observ'ER
d'après données
SDES, RTE et EDF

PUISSANCES ET PRODUCTIONS 2016

Répartition du parc EnR électrique régional (MW)



Source :
Observ'ER d'après données SDES, RTE et EDF

Production électrique régionale des filières EnR (GWh)



Source : RTE et EDF

Note : L'énergie biomasse rassemble les filières biomasse solide, biogaz et incinération des déchets urbains renouvelables.

OBJECTIFS ET GISEMENTS

Objectif SRCAE hydraulique 2020

Objectif SRCAE éolien 2020

Objectif SRCAE PV 2020

Source :
Schémas régionaux climat air énergie et schémas régionaux éolien

Note : Lorsque le SRCAE présente une fourchette haute et basse de développement pour une filière à l'horizon 2020, seule la fourchette haute a été reprise.

125



Gisement
hydraulique 2050



Gisement
éolien 2050



Gisement
PV au sol 2050



Gisement
PV sur toiture 2050

Source :
Étude Ademe "Vers un mix électrique 100 % renouvelable en 2050", 2016.
Méthodologie décrite pages 11 et 12 de l'étude Ademe.

Note : Le terme "gisement" désigne le potentiel maximum installable d'une technologie. Le gisement hydraulique rassemble les filières : centrales au fil de l'eau, centrales de lacs et éclusées et stations de pompage-turbine. Le gisement éolien rassemble les filières éolien terrestre et éolien en mer. Les gisements identifiés dans l'étude Ademe ne portent que sur les régions métropolitaines.

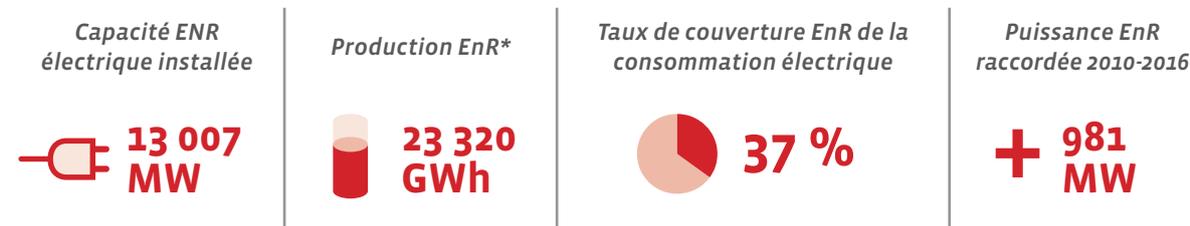
Note : Les données disponibles pour Mayotte n'étaient pas suffisantes pour pouvoir réaliser une fiche régionale.

Observ'ER

Le Baromètre 2017
des énergies renouvelables
électriques en France

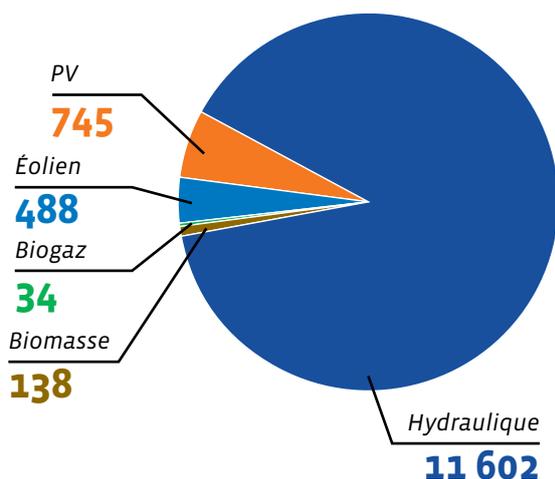
AUVERGNE RHÔNE-ALPES

CHIFFRES CLÉS ÉLECTRICITÉ RENOUVELABLE 2016

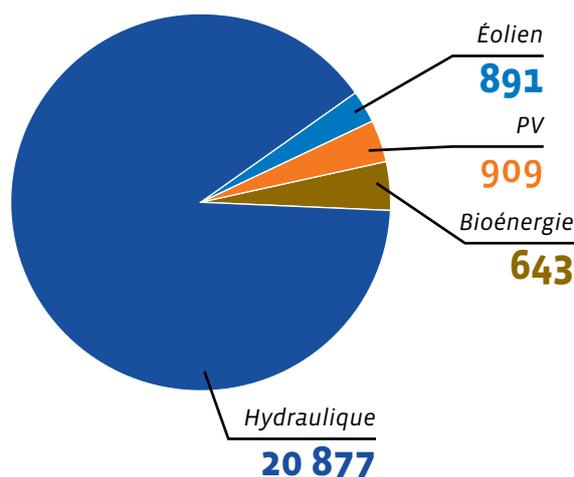


PUISSANCES ET PRODUCTIONS 2016

Répartition du parc EnR électrique régional (MW)



Production électrique régionale des filières EnR (GWh)*



OBJECTIFS ET GISEMENTS

Objectif SRCAE hydraulique 2020

11 890 MW

Objectif SRCAE éolien 2020

2 000 MW

Objectif SRCAE PV 2020

2 580 MW

 Gisement hydraulique 2050

14 700 MW

 Gisement éolien 2050

20 000 MW

 Gisement PV au sol 2050

6 100 MW

 Gisement PV sur toiture 2050

46 000 MW

Les gisements proviennent de l'étude Ademe "Vers un mix électrique 100 % renouvelable en 2050".

* Production au 30 septembre 2017 sur les douze mois précédents.

Observ'ER

Le Baromètre 2017
des énergies renouvelables
électriques en France

LA RÉGION EN ACTION



Aduhme (Association pour un développement urbain harmonieux par la maîtrise de l'énergie¹)

www.aduhme.org

Promotion des énergies renouvelables et du développement durable : information, conseil, formation, accompagnement et expertise technique, veille juridique et technologique, etc.

1. Plus connue sous le nom d'Agence locale des énergies et du climat.



Oreges (Observatoire de l'énergie et des gaz à effet de serre)

www.oreges.rhonealpes.fr

Mise à disposition du grand public, des collectivités et des acteurs du monde de l'énergie d'un outil d'observation et d'information.



Hespul

www.hespul.org

Association spécialisée dans le développement des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique – Publication : "Rapport d'activité 2010".



Rhônealpennergie-Environnement (RAEE)

www.raee.org

Animation d'un centre de ressources et d'échanges, conseil et accompagnement des collectivités territoriales et des bailleurs sociaux dans le montage et le suivi d'opérations, accompagnement et mise en œuvre de programmes ou d'actions collectives sur un territoire.



Tenerrdis (Technologies énergies nouvelles, énergies renouvelables, Rhône-Alpes, Drôme, Isère, Savoie et Haute-Savoie)

www.tenerrdis.fr

Pôle de compétitivité qui développe par l'innovation les filières industrielles des nouvelles technologies de l'énergie : solaire et bâtiment, gestion des réseaux et stockage, biomasse, hydrogène et piles à combustible, et hydraulique (microhydraulique, turbinage-pompage, énergie des mers).



SEM'Soleil

www.siel42.fr

Société d'économie mixte créée en 2011 par le Syndicat intercommunal d'énergies du département de la Loire (Siel42).

127



Observatoires régionaux de l'environnement et de l'énergie



Associations de promotion des énergies renouvelables



Agences régionales de l'environnement et de l'énergie



Pôles de compétitivité, clusters d'entreprises



Objectifs et programmes régionaux



Sociétés d'économie mixte ayant des actifs EnR



Réseaux citoyens

Observ'ER

Le Baromètre 2017 des énergies renouvelables électriques en France



Énergie Rhône Vallée

www.energiehonevallee.com

Société d'économie mixte créée en 2011 par le Syndicat départemental d'énergies de la Drôme (Sded).



Énergies Citoyennes en Auvergne Rhône-Alpes

www.energie-partagee.org/nous-decouvrir/les-reseaux-regionaux/energie-citoyenne-en-auvergne-rhone-alpes

Le réseau fédère associations, collectivités et sociétés de projets coopératives qui portent des projets citoyens d'énergies renouvelables et/ou de maîtrise de l'énergie.



SYAN'EnR

www.syane.fr

Société d'économie mixte créée en 2017 par le Syndicat des énergies et de l'aménagement numérique de Haute-Savoie.



ESSPROD

www.es-seyssel.com

Société d'économie mixte créée par le Syndicat d'Énergie et Services de Seyssel (ESS)



RETPROD

www.ret.fr

Société d'économie mixte créée par la Régie d'électricité de Thônes

3 QUESTIONS

de l'Observatoire
des énergies renouvelables



à **Raymond Villet, PDG de la SEM Syan'EnR, Vice-président du SYANE délégué à l'énergie et à l'environnement**

Qu'est ce qui a concouru à la création de la société d'économie mixte (SEM) Syan'EnR ?

La création de la SEM Syan'EnR découle des orientations stratégiques adoptées fin 2015 par le SYANE (Syndicat des énergies et de l'aménagement numérique de la Haute-Savoie)..Son objectif ? Favoriser le développement des énergies renouvelables en Haute-Savoie. Outil opérationnel au service des collectivités et des acteurs publics, la SEM permet de soutenir et faciliter l'émergence de projets que les collectivités ou le SYANE ne peuvent porter seuls, par manque de temps, de compétences ou de budgets. Le premier conseil d'administration a eu lieu le 17 octobre 2017. Son capital d'un million d'euros est détenu à 70 % par le SYANE et à parts égales de 10 % par trois autres SEM : deux locales, ESSPROD et RETPROD, et la SEM parisienne SIPEnR.

Vers quels types de projets va s'orienter Syan'EnR ?

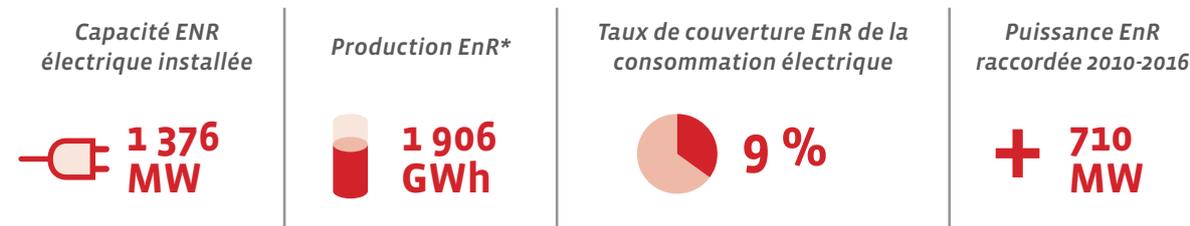
Le champ est assez large. Si la priorité sera donnée aux projets qui seraient localisés dans le département de Haute-Savoie, il est envisagé que la SEM puisse également être partenaire d'actions qui soient en dehors de ses frontières, notamment dans des départements limitrophes comme l'Ain, la Savoie, voire même en Suisse. Au niveau des technologies, les premiers projets envisagés visent la petite hydroélectricité, ou le solaire photovoltaïque (centrales en toitures ou au sol sur des terrains non valorisables comme des déchetteries). La méthanisation est également une piste qui est suivie de près. À plus long terme, la SEM se penche sur l'étude du potentiel en géothermie de moyenne profondeur du bassin genevois.

Y'a-t'il des objectifs précis pour la SEM ?

Il n'y a pas d'objectifs chiffrés précis de projets à soutenir ou de puissance à installer. Le but est de soutenir et d'aider les collectivités et les territoires, notamment ceux identifiés TEPCV (Territoires à énergie positive pour la croissance verte), dans leurs actions de transition énergétique. L'objectif est essentiellement de développer, financer, construire et exploiter des sites en partenariat avec les collectivités pour les aider à aller de l'avant. Ce ne sont pas les projets qui manquent ! On peut notamment citer les programmes d'actions de la Vallée de l'Arve ou de la ville d'Annecy où la lutte contre la pollution est un enjeu majeur auquel la SEM pourra amener sa contribution.

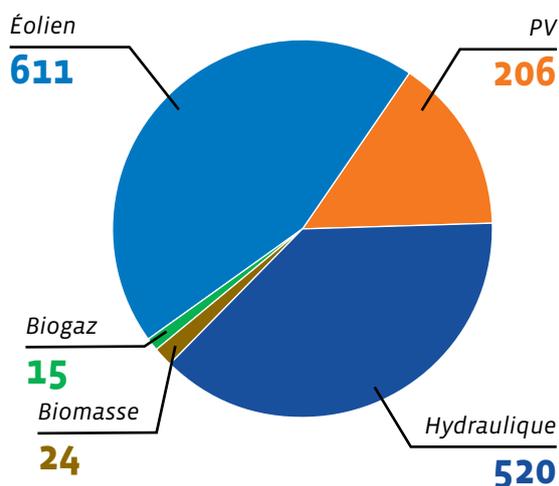
BOURGOGNE FRANCHE-COMTÉ

CHIFFRES CLÉS ÉLECTRICITÉ RENOUVELABLE 2016

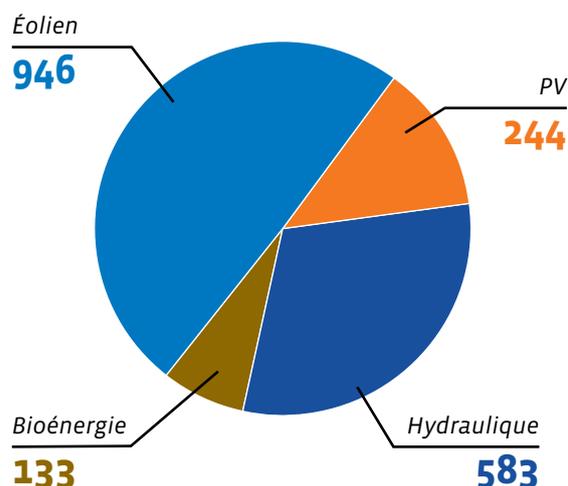


PUISSANCES ET PRODUCTIONS 2016

Répartition du parc EnR électrique régional (MW)



Production électrique régionale des filières EnR (GWh)*



OBJECTIFS ET GISEMENTS

Objectif SRCAE hydraulique 2020

565 MW

Objectif SRCAE éolien 2020

2 100 MW

Objectif SRCAE PV 2020

770 MW

 Gisement hydraulique 2050

500 MW

 Gisement éolien 2050

20 400 MW

 Gisement PV au sol 2050

3 700 MW

 Gisement PV sur toiture 2050

22 500 MW

Les gisements proviennent de l'étude Ademe "Vers un mix électrique 100 % renouvelable en 2050".

* Production au 30 septembre 2017 sur les douze mois précédents.

Observ'ER

Le Baromètre 2017
des énergies renouvelables
électriques en France

LA RÉGION EN ACTION



Alterre Bourgogne (Agence pour l'environnement et le développement soutenable¹)

www.alterrebourgognefranchecomte.org

Observation de l'environnement et évaluation de politiques publiques, accompagnement de porteurs de projets, développement de l'éducation et de la formation dans les domaines de l'environnement et du développement durable – "Chiffres 2010".

1. A succédé à l'Oreb (Observatoire régional de l'énergie en Bourgogne).



L'Observatoire bourguignon des métiers de l'économie verte

www.teebourgogne.com

L'association réalise une veille permanente sur les métiers et les emplois des filières environnement et énergie (Territoires environnement emplois, TEE).



Observatoire territorial énergie-climat-air de la région Franche-Comté

www.opteer.org

Portail d'information énergie, climat et air de Franche-Comté – "Données 2008".



Nièvre Énergie

www.sieeen.fr

Société d'économie mixte créée par le Syndicat intercommunal d'énergies, d'équipement et d'environnement de la Nièvre (SIEEEN).



Côte-d'Or Énergie

www.siceco.fr

Société d'économie mixte créée en 2016 par le Syndicat intercommunal d'électricité de Côte-d'Or (Siceco).

131



Observatoires régionaux de l'environnement et de l'énergie



Associations de promotion des énergies renouvelables



Agences régionales de l'environnement et de l'énergie



Pôles de compétitivité, clusters d'entreprises



Objectifs et programmes régionaux



Sociétés d'économie mixte ayant des actifs EnR



Réseaux citoyens

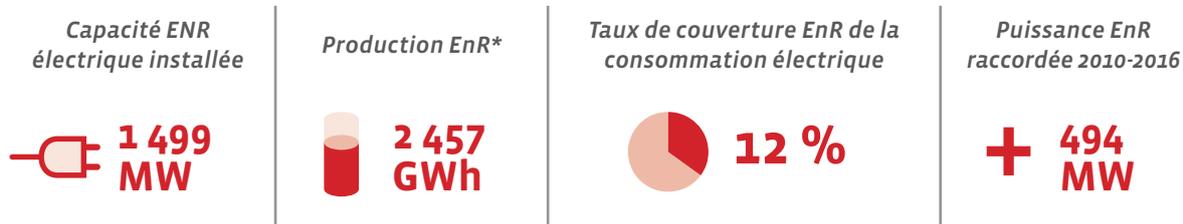
Observ'ER

Le Baromètre 2017 des énergies renouvelables électriques en France

LES RÉGIONS À LA LOUPE

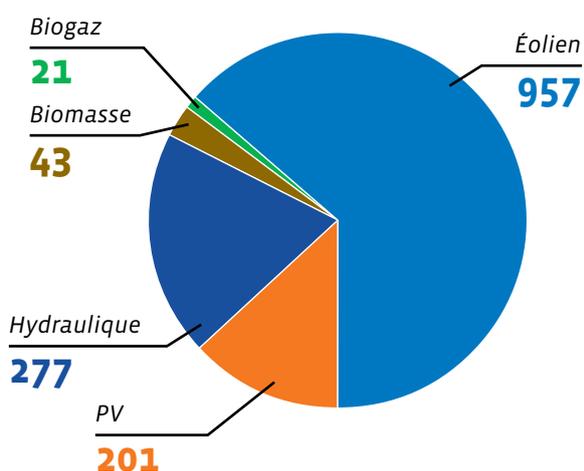
BRETAGNE

CHIFFRES CLÉS ÉLECTRICITÉ RENOUVELABLE 2016

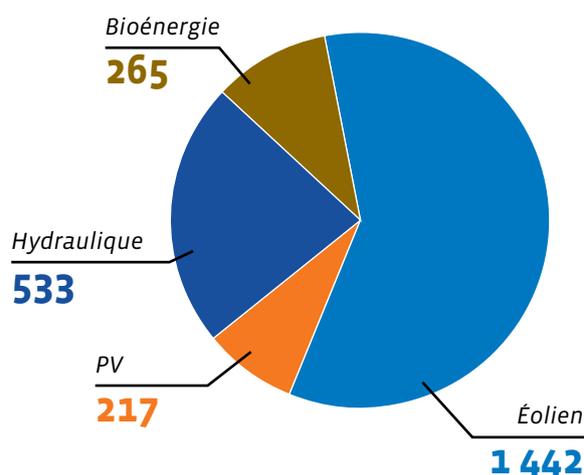


PUISSANCES ET PRODUCTIONS 2016

Répartition du parc EnR électrique régional (MW)



Production électrique régionale des filières EnR (GWh)*



OBJECTIFS ET GISEMENTS

Objectif SRCAE hydraulique 2020

281 MW

Objectif SRCAE éolien 2020

1 800 MW

Objectif SRCAE PV 2020

400 MW

 Gisement hydraulique 2050

200 MW

 Gisement éolien 2050

29 500 MW

 Gisement PV au sol 2050

3 200 MW

 Gisement PV sur toiture 2050

22 800 MW

Les gisements proviennent de l'étude Ademe "Vers un mix électrique 100 % renouvelable en 2050".

* Production au 30 septembre 2017 sur les douze mois précédents.

Observ'ER

Le Baromètre 2017
des énergies renouvelables
électriques en France

LA RÉGION EN ACTION



Observatoire de l'énergie et des gaz à effet de serre en Bretagne

www.bretagne-environnement.org



Aile (Association d'initiatives locales pour l'énergie et l'environnement)

www.aile.asso.fr

Aile, spécialisée dans la maîtrise de l'énergie et les énergies renouvelables en milieu agricole et rural, développe un axe de travail transversal sur les politiques énergétiques à l'échelle du territoire.



Pôle de compétitivité mer Bretagne Atlantique

www.pole-mer-bretagne-atlantique.com

Développement d'une filière industrielle dans le secteur des énergies marines renouvelables à vocation internationale.



Bretagne Développement Innovation

www.bdi.fr

Rassemblement d'acteurs pour travailler à des projets énergies renouvelables qui valorisent le territoire de la Bretagne.



Énergies marines Bretagne

www.energies-marines.bretagne.bzh

Site Internet sur les énergies marines renouvelables en Bretagne, réalisé par la Région. Informations didactiques sur les technologies et les sites de la filière énergies marines proposant des textes explicatifs, des vidéos pédagogiques et des diaporamas.



Plan Eco-Énergies Renouvelables

www.plan-eco-energie-bretagne.fr

Plan d'actions régionales concrètes pour lutter contre les émissions de gaz à effet de serre. Il propose des aides financières, des conseils, un accompagnement technique à tous types d'acteurs : collectivités locales, entreprises, particuliers.



Taranis

www.reseau-taranis.fr

Le réseau Taranis fédère une cinquantaine de porteurs de projets – associations, sociétés d'exploitation coopératives et collectivités – ayant des projets éoliens, photovoltaïques, bois énergie, micro-hydrauliques et de maîtrise de l'énergie en Bretagne.



Liger

www.liger.fr

Associée à la ville de Locminé et à son territoire, la SEM Liger a créé un centre d'énergie renouvelable unique en Bretagne et en France pour renforcer sa démarche de développement durable. Les collectivités locales, les industriels fournisseurs de matières premières et clients du réseau de chaleur et quelques entreprises locales s'associent au projet pour le développement des énergies renouvelables.



Observatoires régionaux de l'environnement et de l'énergie



Associations de promotion des énergies renouvelables



Agences régionales de l'environnement et de l'énergie



Pôles de compétitivité, clusters d'entreprises



Objectifs et programmes régionaux



Sociétés d'économie mixte ayant des actifs EnR



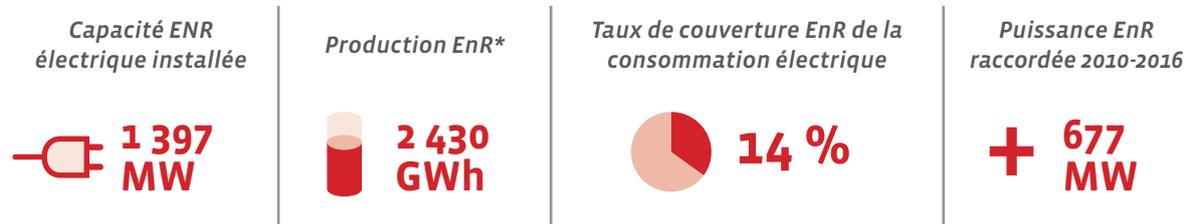
Réseaux citoyens

Observ'ER

Le Baromètre 2017 des énergies renouvelables électriques en France

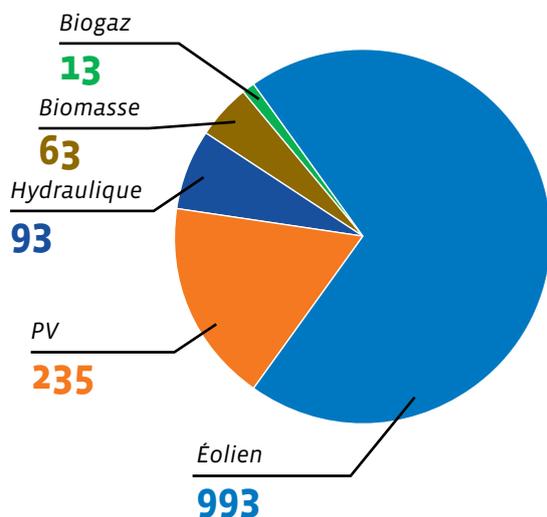
CENTRE-VAL DE LOIRE

CHIFFRES CLÉS ÉLECTRICITÉ RENOUVELABLE 2016

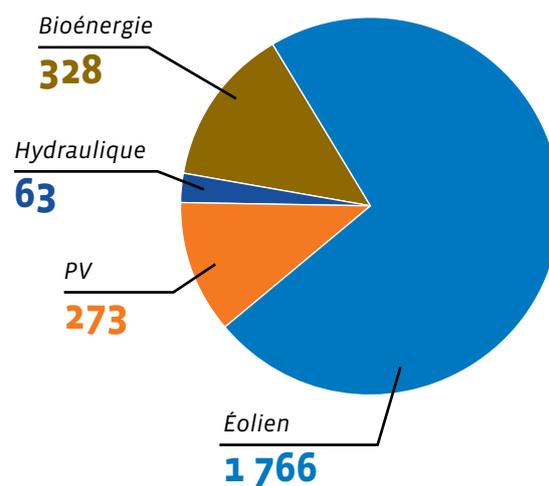


PUISSANCES ET PRODUCTIONS 2016

Répartition du parc ENR électrique régional (MW)



Production électrique régionale des filières ENR (GWh)*



OBJECTIFS ET GISEMENTS

Objectif SRCAE hydraulique, biomasse et biogaz 2020

217 MW

Objectif SRCAE éolien 2020

2 600 MW

Objectif SRCAE PV 2020

253 MW

 Gisement hydraulique 2050

100 MW

 Gisement éolien 2050

13 900 MW

 Gisement PV au sol 2050

3 200 MW

 Gisement PV sur toiture 2050

19 900 MW

Les gisements proviennent de l'étude Ademe "Vers un mix électrique 100 % renouvelable en 2050".

* Production au 30 septembre 2017 sur les douze mois précédents.

Observ'ER

Le Baromètre 2017
des énergies renouvelables
électriques en France

LA RÉGION EN ACTION



Observatoire des énergies en région Centre

www.observatoire-energies-centre.org

Recensement, analyse et exploitation des données énergétiques régionales – “Données 2008”.



S2E2 Smart Electricity Cluster

www.s2e2.fr

Pôle de compétitivité rassemblant des entreprises, des centres de recherche et des établissements de formation intervenant dans les domaines des technologies de l'énergie électrique et des smart grids au service de la gestion de l'énergie. Ce pôle a été réalisé en commun avec les anciennes Régions Pays de la Loire, Centre et Limousin (Pays de la Loire, Centre-Val de Loire, Nouvelle-Aquitaine).



ENR SIEIL

www.sieil37.fr

Société d'économie mixte créée en 2014 par le Syndicat intercommunal d'énergie d'Indre-et-Loire (Sieil).



Énergie Partagée en Centre-Val de Loire

www.energie-partagee.org

Le réseau fédère associations, collectivités et sociétés de projets coopératives qui portent des projets citoyens d'énergies renouvelables.

135



Observatoires régionaux
de l'environnement et de l'énergie



Associations de promotion
des énergies renouvelables



Agences régionales
de l'environnement et de l'énergie



Pôles de compétitivité,
clusters d'entreprises



Objectifs et programmes
régionaux



Sociétés d'économie mixte
ayant des actifs EnR



Réseaux citoyens

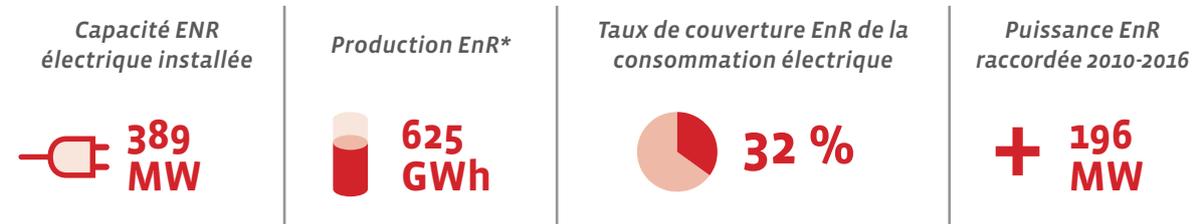
Observ'ER

Le Baromètre 2017
des énergies renouvelables
électriques en France

LES RÉGIONS À LA LOUPE

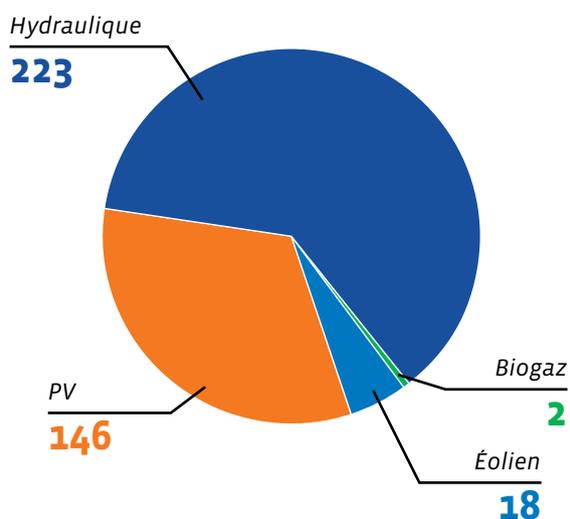
CORSE

CHIFFRES CLÉS ÉLECTRICITÉ RENOUVELABLE 2016

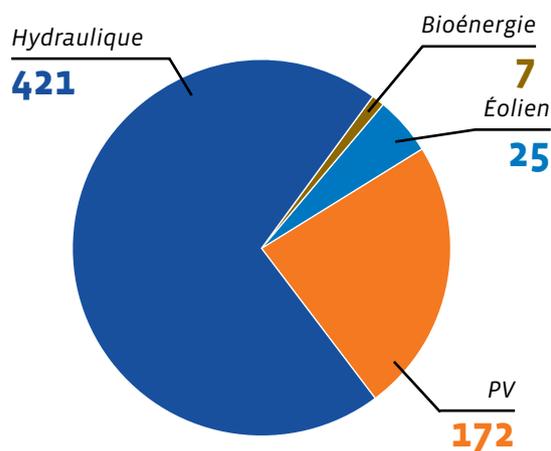


PUISSANCES ET PRODUCTIONS 2016

Répartition du parc EnR électrique régional (MW)



Production électrique régionale des filières EnR (GWh)*



OBJECTIFS* ET GISEMENTS

Objectif SRCAE éolien 2020

54 MW

Objectif SRCAE PV 2020

85 MW

(Objectif atteint)

* Production au 30 septembre 2017 sur les douze mois précédents.

Observ'ER

Le Baromètre 2017
des énergies renouvelables
électriques en France

LA RÉGION EN ACTION



Office de l'environnement de la Corse (OEC) – Direction déléguée à l'énergie (DDEN)

www.oec.fr

Suivi et mise en œuvre de l'ensemble de la politique énergétique régionale. Le conseil exécutif de Corse a créé une "direction déléguée à l'énergie", équipe pluridisciplinaire dimensionnée pour conduire l'ensemble des chantiers programmés.



Capenergies

www.capenergies.fr

Pôle de compétitivité rassemblant 400 acteurs positionnés sur le développement de systèmes énergétiques permettant de fournir des solutions de remplacement des énergies fossiles. Ce pôle a été réalisé en commun avec la Région Corse.

137



Observatoires régionaux de l'environnement et de l'énergie



Associations de promotion des énergies renouvelables



Agences régionales de l'environnement et de l'énergie



Pôles de compétitivité, clusters d'entreprises



Objectifs et programmes régionaux



Sociétés d'économie mixte ayant des actifs EnR



Réseaux citoyens

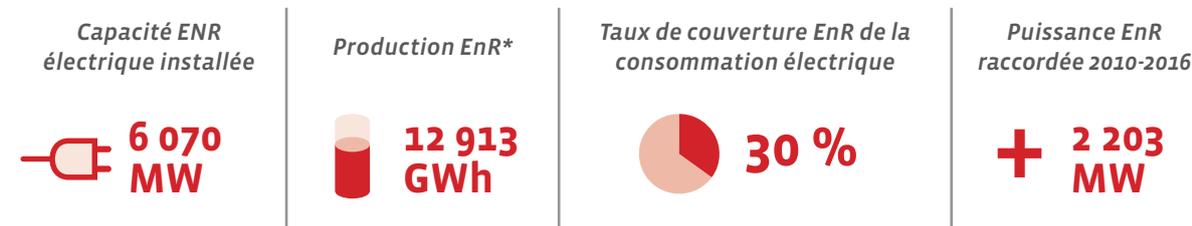
Observ'ER

Le Baromètre 2017 des énergies renouvelables électriques en France

LES RÉGIONS À LA LOUPE

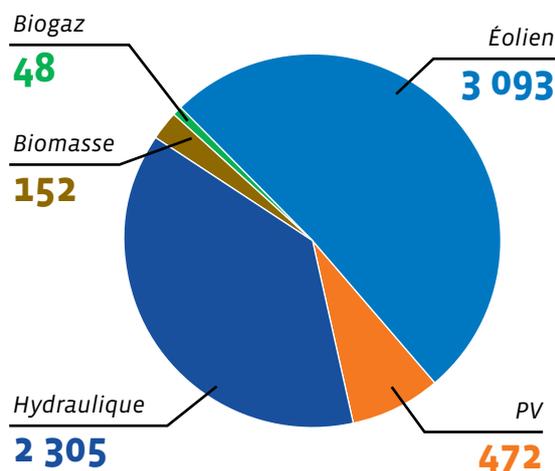
GRAND EST

CHIFFRES CLÉS ÉLECTRICITÉ RENOUVELABLE 2016

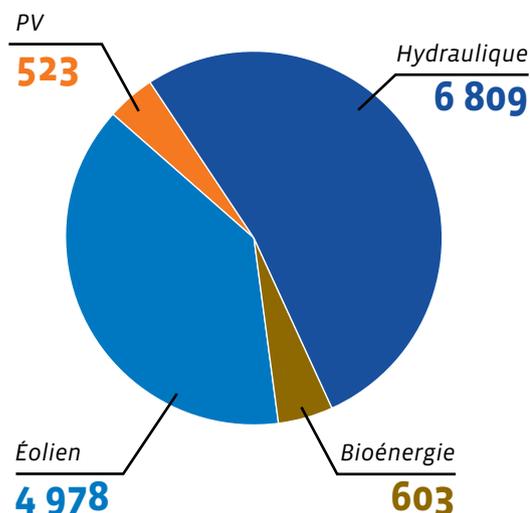


PUISSANCES ET PRODUCTIONS 2016

Répartition du parc ENR électrique régional (MW)



Production électrique régionale des filières ENR (GWh)*



OBJECTIFS ET GISEMENTS

Objectif SRCAE hydraulique 2020

2 392 MW

Objectif SRCAE éolien 2020

4 470 MW

Objectif SRCAE PV 2020

940 MW

 Gisement hydraulique 2050

3 000 MW

 Gisement éolien 2050

16 000 MW

 Gisement PV au sol 2050

3 600 MW

 Gisement PV sur toiture 2050

35 200 MW

* Production au 30 septembre 2017 sur les douze mois précédents.

Observ'ER

Le Baromètre 2017
des énergies renouvelables
électriques en France

LA RÉGION EN ACTION



Pôle de compétitivité Energivie¹

www.energivie.info

Accompagne des projets collaboratifs structurants dans le domaine de l'efficacité énergétique. Notamment la production de documents pour la promotion des énergies renouvelables dans le bâtiment.

1. Labellisé pôle de compétitivité éco-technologie en octobre 2009, il fait suite à l'initiative "Cluster Energie", prise fin 2006 dans le cadre du programme energivie.info.



Ale (Agence locale de l'énergie et du climat)

www.ale08.org

Services pour la prise en compte de la maîtrise de l'énergie dans toutes les actions entreprises. Agence pour le seul département des Ardennes, pas d'agence régionale.



Le pôle Yes, Your Energy Solution

www.your-energy-solution.com

Le réseau Yes fédère les entreprises lorraines positionnées sur les marchés de la maintenance et de la sous-traitance des installations d'énergies renouvelables (éolien, solaire, hydroélectricité, méthanisation, biomasse, etc.). Les entreprises de Yes peuvent intervenir dans les domaines de la production industrielle, de la maintenance prédictive, préventive et curative de sites, des bureaux d'études, du BTP, du raccordement de réseau ou de l'organisation de convoi exceptionnel.



Observatoire bois énergie Grand Nord Est

www.valeur-bois.com

Observatoire sur le marché régional du bois-énergie et son évolution en termes de production et de consommation.



Observatoire régional de l'énergie en Lorraine (OREL)

www.observatoire-energie-lorraine.fr

Observation des énergies renouvelables en Lorraine. Des notes de conjonctures sont disponibles sur le site.

139



Observatoires régionaux de l'environnement et de l'énergie



Associations de promotion des énergies renouvelables



Agences régionales de l'environnement et de l'énergie



Pôles de compétitivité, clusters d'entreprises



Objectifs et programmes régionaux



Sociétés d'économie mixte ayant des actifs EnR



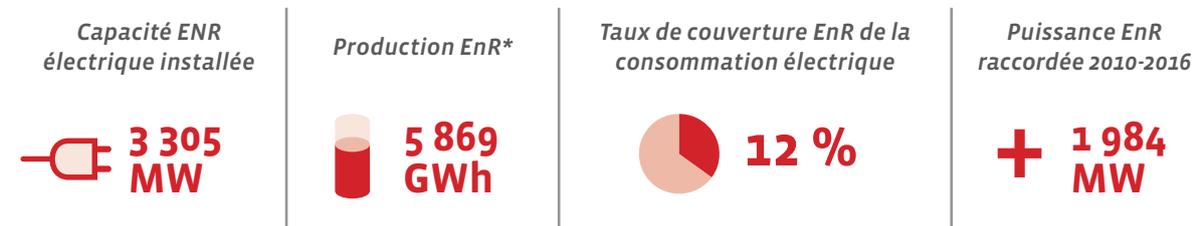
Réseaux citoyens

Observ'ER

Le Baromètre 2017 des énergies renouvelables électriques en France

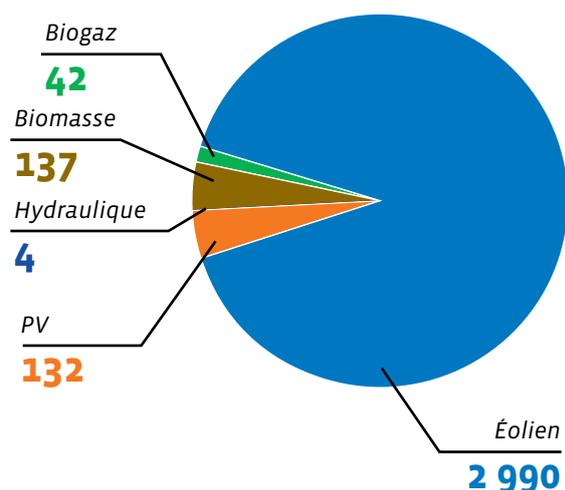
HAUTS-DE-FRANCE

CHIFFRES CLÉS ÉLECTRICITÉ RENOUVELABLE 2016

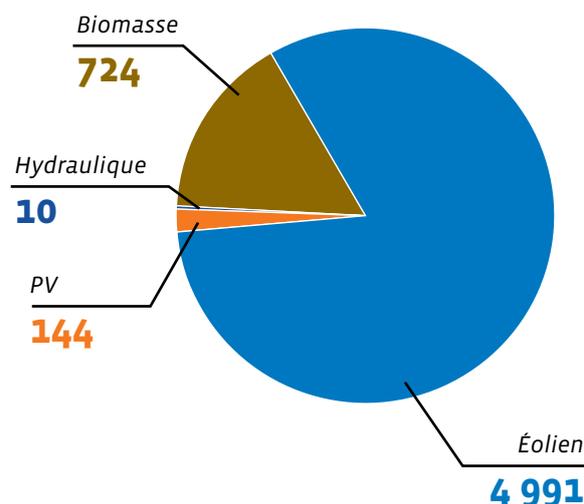


PUISSANCES ET PRODUCTIONS 2016

Répartition du parc ENR électrique régional (MW)



Production électrique régionale des filières ENR (GWh)*



OBJECTIFS ET GISEMENTS

Objectif SRCAE hydraulique 2020**

129 MW

Objectif SRCAE éolien 2020***

4 150 MW

Objectif SRCAE PV 2020

691 MW

(Objectif atteint)

 Gisement hydraulique 2050

0 MW

 Gisement éolien 2050

10 800 MW

 Gisement PV au sol 2050

2 500 MW

 Gisement PV sur toiture 2050

31 800 MW

* Production au 30 septembre 2017 sur les douze mois précédents.

** Issue de biomasse, du biogaz ou de centrales hydrauliques.

*** Fourchette haute entre deux options.

Observ'ER

Le Baromètre 2017
des énergies renouvelables
électriques en France

LA RÉGION EN ACTION



CERDD (Centre ressource du développement durable)

www.cerdd.org

Groupement d'intérêt public (Gip). Mission d'information sur le développement durable et les initiatives de collectivités, acteurs privés, associatifs ou particuliers.



Cigales

www.cigales-hautsdefrance.org

Réseau d'investisseurs-citoyens pour une économie locale solidaire.



Pépinière EnR d'Oust-Marest

Pépinière d'entreprises entièrement dédiées aux énergies renouvelables.



Somme Développement

www.somme-developpement.fr

La Région Picardie et le département de la Somme accompagnent le développement des éco-activités et structurent la filière de l'éolien en lien avec un tissu industriel mobilisé.

141



*Observatoires régionaux
de l'environnement et de l'énergie*



*Associations de promotion
des énergies renouvelables*



*Agences régionales
de l'environnement et de l'énergie*



*Pôles de compétitivité,
clusters d'entreprises*



*Objectifs et programmes
régionaux*



*Sociétés d'économie mixte
ayant des actifs EnR*



Réseaux citoyens

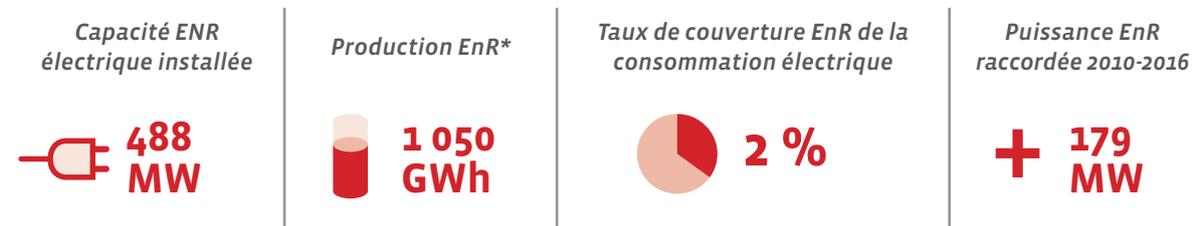
Observ'ER

Le Baromètre 2017
des énergies renouvelables
électriques en France

LES RÉGIONS À LA LOUPE

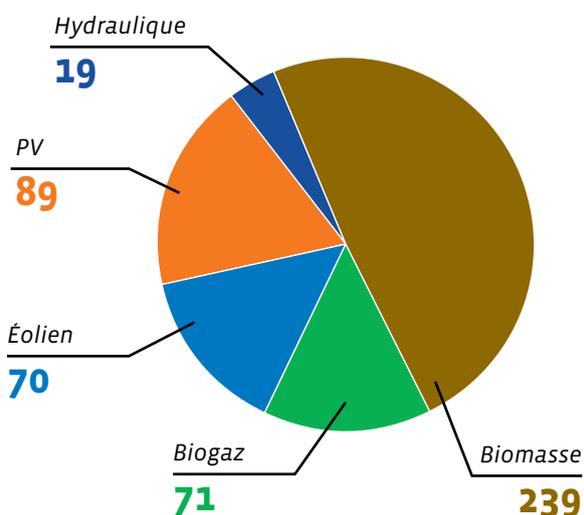
ÎLE-DE-FRANCE

CHIFFRES CLÉS ÉLECTRICITÉ RENOUVELABLE 2016

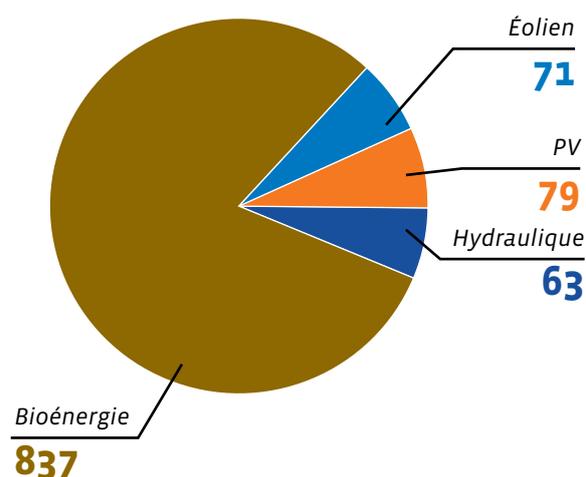


PUISSANCES ET PRODUCTIONS 2016

Répartition du parc EnR électrique régional (MW)



Production électrique régionale des filières EnR (GWh)*



OBJECTIFS ET GISEMENTS

Objectif SRCAE hydraulique 2020

38 MW

Objectif SRCAE éolien 2020**

540 MW

Objectif SRCAE PV 2020

520 MW

 Gisement hydraulique 2050

0 MW

 Gisement éolien 2050

4 500 MW

 Gisement PV au sol 2050

1 500 MW

 Gisement PV sur toiture 2050

27 200 MW

* Production au 30 septembre 2017 sur les douze mois précédents.

** Fourchette haute entre deux options.

Observ'ER

Le Baromètre 2017
des énergies renouvelables
électriques en France

LA RÉGION EN ACTION



Réseau d'observation statistique de l'énergie (Rose)

www.roseidf.org

Panorama énergétique d'Île-de-France et bonnes pratiques en matière d'efficacité énergétique et d'énergies renouvelables – "Données 2009".



Agence régionale de l'environnement et des nouvelles énergies d'Île-de-France (Arene)

www.areneidf.org

Organisme associé au conseil régional participant à la mise en œuvre du développement en Île-de-France. Accompagne les collectivités locales et les acteurs régionaux dans leurs démarches.



Advancity

www.advancity.eu

La vocation de ce pôle est de permettre aux entreprises, aux établissements d'enseignement supérieur et de recherche et aux collectivités territoriales de coopérer sur des projets collaboratifs innovants. Un des volets d'Advancity est consacré aux filières géothermie basse et moyenne énergie.



SIPeNR

www.sipperec.fr

Société d'économie mixte créée en 2014 par le syndicat francilien Syndicat intercommunal de la périphérie de Paris pour les énergies et les réseaux de communication (Sipperec).



Bi-métha 77

www.sdesm.fr

Société d'économie mixte créée en 2016 par le Syndicat départemental des énergies de Seine-et-Marne (SDESM).



Énergies Posit'if

www.energiespositif.fr

Posit'If accompagne les copropriétés et les organismes de logement social (OLS) dans les différentes étapes d'un projet de rénovation énergétique ambitieux : organisation et montages technique, juridique et financier du projet.



Énergie partagée en Île-de-France

www.energie-partagee.org

Le réseau fédère associations, collectivités et sociétés de projets coopératives qui portent des projets citoyens d'énergies renouvelables.

143



Observatoires régionaux de l'environnement et de l'énergie



Associations de promotion des énergies renouvelables



Agences régionales de l'environnement et de l'énergie



Pôles de compétitivité, clusters d'entreprises



Objectifs et programmes régionaux



Sociétés d'économie mixte ayant des actifs EnR



Réseaux citoyens

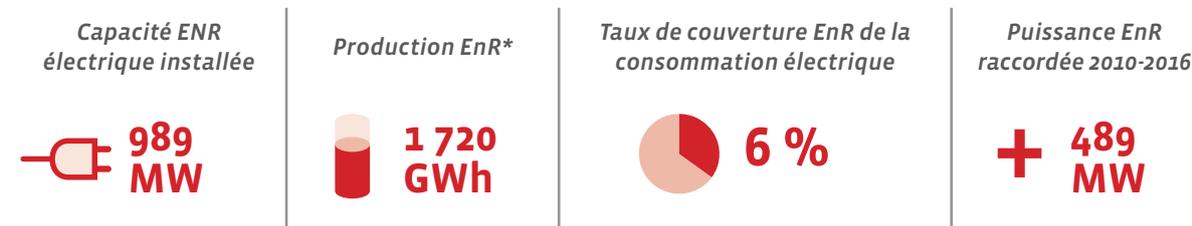
Observ'ER

Le Baromètre 2017 des énergies renouvelables électriques en France

LES RÉGIONS À LA LOUPE

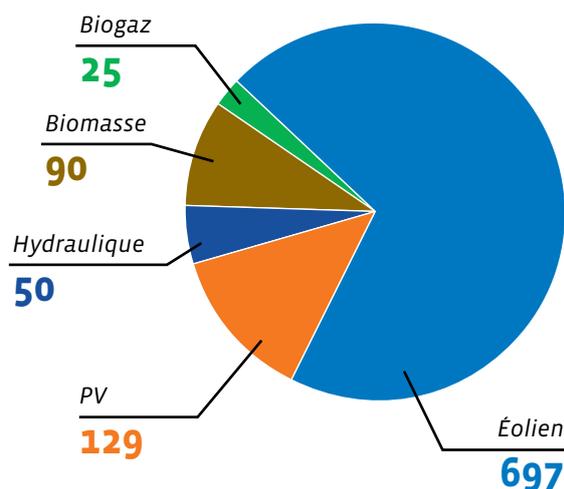
NORMANDIE

CHIFFRES CLÉS ÉLECTRICITÉ RENOUVELABLE 2016

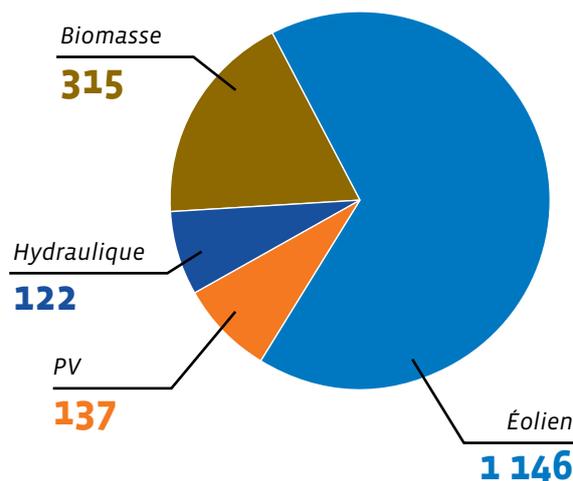


PUISSANCES ET PRODUCTIONS 2016

Répartition du parc EnR électrique régional (MW)



Production électrique régionale des filières EnR (GWh)*



OBJECTIFS ET GISEMENTS

Objectif SRCAE hydraulique 2020*

100 MW

Objectif SRCAE éolien 2020

1 930 MW

Objectif SRCAE PV 2020

670 MW

 Gisement hydraulique 2050

0 MW

 Gisement éolien 2050

20 900 MW

 Gisement PV au sol 2050

1 500 MW

 Gisement PV sur toiture 2050

20 600 MW

* Production au 30 septembre 2017 sur les douze mois précédents.

** Fourchette haute, ne comprend que les hydroléniennes.

Observ'ER

Le Baromètre 2017
des énergies renouvelables
électriques en France

LA RÉGION EN ACTION



Observatoire climat, énergies de Basse-Normandie

www.orecan.fr

Suivi de l'évolution des facteurs énergétiques et climatiques, lancement d'une dynamique partenariale territoriale, et accompagnement des politiques régionales et locales.



Agence régionale de l'environnement de Haute-Normandie (Arehn)

www.are-normandie.fr

Initiative du conseil régional pour la promotion du développement durable via l'information et la sensibilisation du public, également outil privilégié de dialogue entre tous ces acteurs.



Biomasse Normandie

www.biomasse-normandie.org

Suivi de l'évolution du nombre d'installations et de leur localisation, et établissement des indicateurs techniques, économiques et environnementaux.



West Energies

www.caissedesdepots.fr/creation-de-la-sem-west-energies-dediee-aux-energies-renouvelables-dans-la-manche

West Energies a pour objectif d'être un acteur privé-public, rationalisé et décentralisé de la production et de la gestion de l'énergie sur le territoire de la Manche.

145



Observatoires régionaux
de l'environnement et de l'énergie



Associations de promotion
des énergies renouvelables



Agences régionales
de l'environnement et de l'énergie



Pôles de compétitivité,
clusters d'entreprises



Objectifs et programmes
régionaux



Sociétés d'économie mixte
ayant des actifs EnR



Réseaux citoyens

Observ'ER

Le Baromètre 2017
des énergies renouvelables
électriques en France

3 QUESTIONS

de l'Observatoire
des énergies renouvelables



à **Fanny Lemaire, ingénieure énergie**
au Syndicat départemental
d'énergies du Calvados (Sdec)

Pouvez-vous nous présenter la Fabrique Énergétique ?

En 2005, le Sdec Énergie (Syndicat départemental d'énergies du Calvados) créait la Maison de l'énergie pour sensibiliser les scolaires aux enjeux environnementaux et énergétiques. Devant son succès, il a souhaité créer un espace complémentaire qui soit davantage tourné vers les élus et les collectivités du département : la Fabrique Énergétique. Ce nouvel espace d'information et de coconstruction accompagne les collectivités dans la transition énergétique. La Fabrique Énergétique est toute récente car elle a été inaugurée officiellement le 7 novembre 2017. La finalité est de développer une culture commune de l'énergie, d'affirmer le rôle des collectivités dans la transition énergétique et de devenir un lieu d'échange et d'innovation au sein du réseau local d'acteurs de l'énergie. Les sujets qui intéressent la Fabrique sont l'aménagement du territoire, la gestion du patrimoine local, la mobilité, les usagers et, bien sûr, les énergies renouvelables.

Concrètement, quelles sont les actions de la Fabrique Énergétique ?

Il y en a trois principales. La première est de former les élus, notamment autour des actions et des objectifs des PCAET (Plan climat air énergie territoire) du Calvados. Cela se traduit par des animations d'une demi-journée qui permettent de sensibiliser aux enjeux et de plonger les collectivités dans le futur énergétique de leur territoire avec l'amorce d'un plan d'action. La deuxième fonction est de favoriser les échanges grâce aux Ateliers de la transition, qui s'appuient sur l'expérience des collectivités et l'avis d'experts pour approfondir leurs connaissances et partager leur expérience. L'objectif est de faire découvrir des nouvelles initiatives (technologies, matériaux, installations ou services) et de mettre en valeur des savoir-faire en faveur de la transition énergétique des territoires. Cela passe par les Comptoirs de l'innovation, un espace d'exposition aménagé dans les locaux de la Fabrique Énergétique, qui peut être accompagné d'explications dispensées par un ingénieur.

Pouvez-vous citer des exemples d'actions en faveur des EnR ?

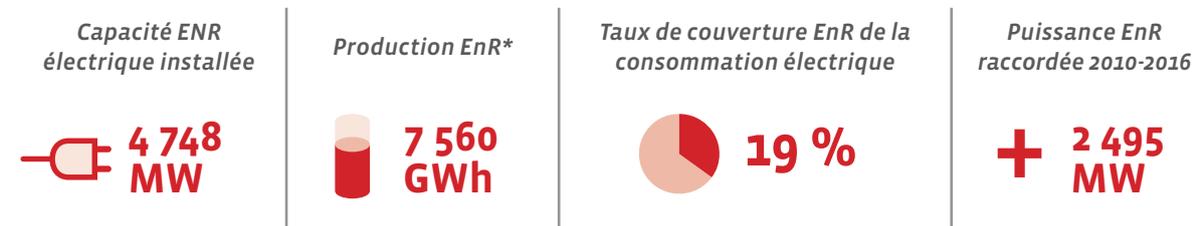
En matière d'énergies renouvelables, les demandes des collectivités sont actuellement essentiellement tournées vers les technologies biomasse, pour la production de chaleur, et le solaire photovoltaïque pour la production d'électricité. Nous avons ainsi mis en avant dans les Comptoir de l'innovation une tuile photovoltaïque conçue par un producteur local basé à Tourouvre : SCNA Solar. L'objectif est de faire connaître cette solution technologique pour que les élus puissent éventuellement l'intégrer dans des projets sur leur territoire. Les élus se tournent de plus en plus vers les énergies renouvelables. Pour preuve, la prise des compétences "Réseau de chaleur" et "Énergie renouvelables" par le Sdec Énergie au 1^{er} janvier 2017, et la création très prochaine d'une régie qui sera dédiée exclusivement au développement d'installations d'énergies renouvelables.

www.sdec-energie.fr

www.maisondelenergie.fr

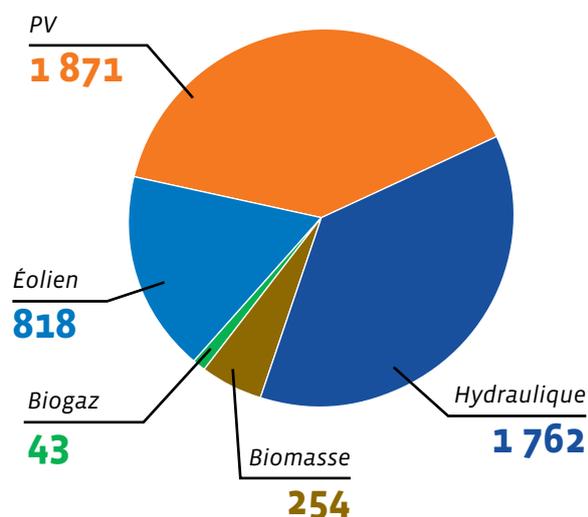
NOUVELLE-AQUITAINE

CHIFFRES CLÉS ÉLECTRICITÉ RENOUVELABLE 2016

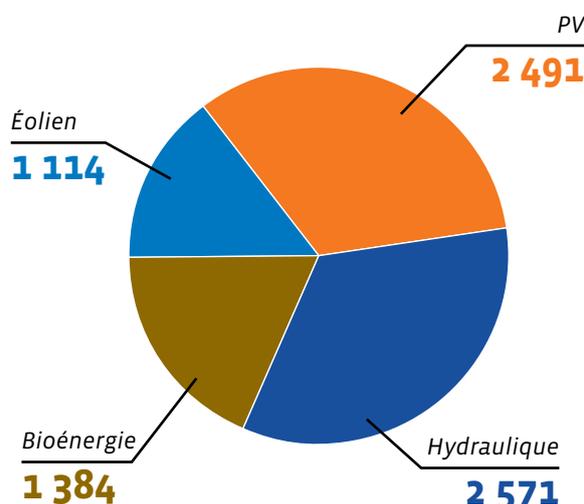


PUISSANCES ET PRODUCTIONS 2016

Répartition du parc ENR électrique régional (MW)



Production électrique régionale des filières ENR (GWh)*



OBJECTIFS ET GISEMENTS

Objectif SRCAE hydraulique 2020

1 930 MW

Objectif SRCAE éolien 2020

3 000 MW

Objectif SRCAE PV 2020

2 848 MW

Gisement hydraulique 2050

1 800 MW

Gisement éolien 2050

51 200 MW

Gisement PV au sol 2050

7 200 MW

Gisement PV sur toiture 2050

49 300 MW

* Production au 30 septembre 2017 sur les douze mois précédents.

Observ'ER

Le Baromètre 2017
des énergies renouvelables
électriques en France

LA RÉGION EN ACTION



**Cluster éolien aquitain :
Aquitaine Wind Industry Cluster**



Cluster systèmes solaires industriels en Aquitaine : Sysolia

www.sysolia.com

L'Aquitaine rassemble bon nombre d'intervenants dans la filière industrielle du solaire. Sysolia apporte à cette dynamique une approche "système" issue de son expérience en ingénierie dans des secteurs comme l'aéronautique, la photonique et le BTP.



Avenia
www.pole-avenia.com

Pôle de compétitivité des géosciences pour l'énergie et l'environnement. L'objectif d'Avenia est d'impulser une dynamique technologique et économique en capitalisant sur les compétences des acteurs régionaux des géosciences et du génie pétrolier. Un volet est consacré à la géothermie haute, basse et moyenne énergie.



S2E2 Smart Electricity Cluster
www.s2e2.fr

Pôle de compétitivité rassemblant des entreprises, des centres de recherche et des établissements de formation intervenant dans les domaines des technologies de l'énergie électrique et des smart grids au service de la gestion de l'énergie. Ce pôle a été réalisé en commun avec les anciennes Régions Pays de la Loire, Centre et Limousin (Pays de la Loire, Centre-Val de Loire, Nouvelle-Aquitaine).



**Agence régionale d'évaluation
environnement et climat
Poitou-Charentes (ARECPC)**

www.arecpc.com

Tableaux de bord, bilans et chiffres de synthèse sur l'énergie, les déchets et les gaz à effet de serre en région.



**Observatoire régional énergie gaz
à effet de serre (Oreges)**

www.arecpc.com

Observatoire abrité par l'ARECPC. État des lieux des énergies renouvelables en région. État des lieux sectoriel des consommations énergétiques et des projections à différents horizons : consommation d'énergie, développement des énergies renouvelables et évitement des gaz à effet de serre.



**Observatoire régional de l'environnement
Poitou-Charentes (Ore)**

www.observatoire-environnement.org

Plateforme de communication qui assure des missions d'intérêt général liées à l'information des publics et apporte une aide à la décision en matière d'environnement.

149



Observatoires régionaux
de l'environnement et de l'énergie



Associations de promotion
des énergies renouvelables



Agences régionales
de l'environnement et de l'énergie



Pôles de compétitivité,
clusters d'entreprises



Objectifs et programmes
régionaux



Sociétés d'économie mixte
ayant des actifs EnR



Réseaux citoyens

Observ'ER

Le Baromètre 2017
des énergies renouvelables
électriques en France

LES RÉGIONS À LA LOUPE



Observatoire régional énergie changement climatique air

Aquitaine (Orecca)

www.orecca.fr

Tableaux de bord et chiffres clés climat air énergie en Aquitaine.



3D ÉNERGIES

www.3denergies.fr

Société d'économie mixte créée en 2012 par le Syndicat intercommunal d'énergie des Deux-Sèvres (Sieds).



SEM Sergies

www.sergies.fr

Société d'économie mixte créée en 2001 par le Syndicat d'énergie de la Vienne (Énergies Vienne).



Cirena

www.energie-partagee.org/nous-decouvrir/les-reseaux-regionaux/le-reseau-cirena-en-nouvelle-aquitaine

Citoyens en réseau pour des EnR en Nouvelle-Aquitaine. Le réseau est porté par la société coopérative Enercoop Aquitaine. Depuis juin 2016, il se structure pour permettre l'émergence de projets citoyens dans toute la région.

150

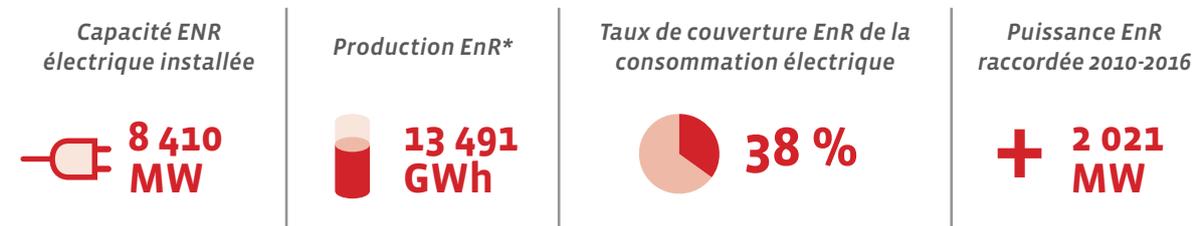
Observ'ER

Le Baromètre 2017
des énergies renouvelables
électriques en France

LES RÉGIONS À LA LOUPE

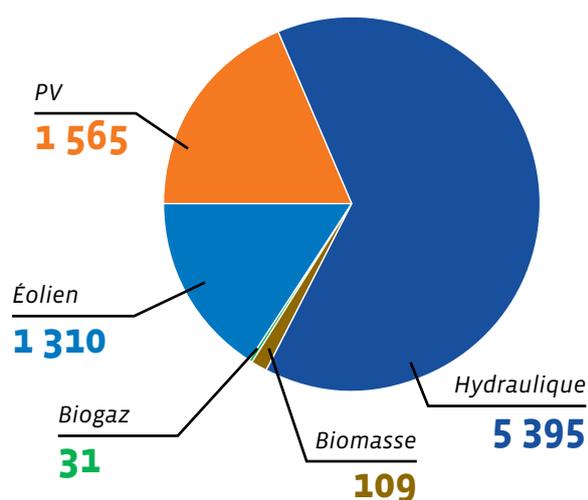
OCCITANIE

CHIFFRES CLÉS ÉLECTRICITÉ RENOUVELABLE 2016

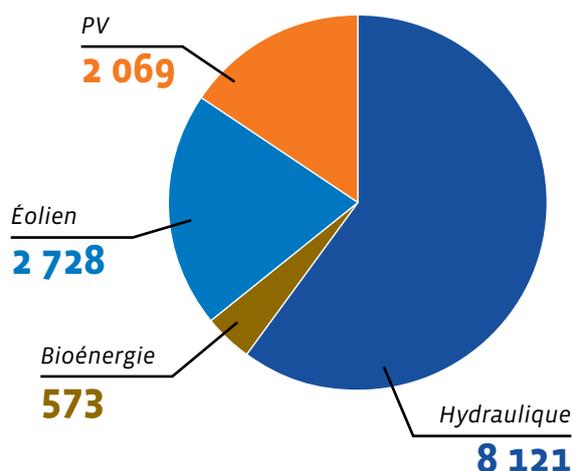


PUISSANCES ET PRODUCTIONS 2016

Répartition du parc EnR électrique régional (MW)



Production électrique régionale des filières EnR (GWh)*



OBJECTIFS ET GISEMENTS

Objectif SRCAE hydraulique 2020

6 130 MW

Objectif SRCAE éolien 2020

3 600 MW

Objectif SRCAE PV 2020

3 000 MW

 Gisement hydraulique 2050

6 400 MW

 Gisement éolien 2050

22 400 MW

 Gisement PV au sol 2050

9 000 MW

 Gisement PV sur toiture 2050

40 200 MW

* Production au 30 septembre 2017 sur les douze mois précédents.

Observ'ER

Le Baromètre 2017
des énergies renouvelables
électriques en France

LA RÉGION EN ACTION



Oremip (Observatoire régional de l'énergie en Midi-Pyrénées)

www.oremip.fr

Observation de la situation énergétique régionale, concertation entre les acteurs régionaux de l'énergie et de la communication, accompagnement des politiques énergétiques régionales.



Pôle de compétitivité Derbi (Développement des énergies renouvelables dans le bâtiment et l'industrie)

www.pole-derbi.com

Développer, aux niveaux régional, national et international, l'innovation, la recherche, la formation, le transfert de technologie, le développement et la création d'entreprises dans le domaine des énergies renouvelables appliquées au bâtiment et à l'industrie.



Arpe Occitanie, Agence régionale du développement durable

www.arpe-occitanie.fr

L'objectif de l'Arpe est de contribuer à la généralisation du développement durable dans la Région Occitanie.



Catalis

www.catalis.coop

Premier incubateur d'innovation sociale. Sa vocation est de faire émerger et d'accompagner des projets innovants dans le domaine de l'économie sociale et solidaire sur l'ensemble du territoire d'Occitanie, hors l'agglomération toulousaine, qui dispose de son propre dispositif.



EC'LR

<http://energie-partagee.org/nous-decouvrir/les-reseaux-regionaux/eclr-reseau-regional-denergie-citoyenne-en-languedoc-roussillon/>

Le réseau fédère associations, collectivités et sociétés de projets coopératives qui portent des projets citoyens d'énergies renouvelables et/ou de maîtrise de l'énergie.

152



Observatoires régionaux de l'environnement et de l'énergie



Associations de promotion des énergies renouvelables



Agences régionales de l'environnement et de l'énergie



Pôles de compétitivité, clusters d'entreprises



Objectifs et programmes régionaux



Sociétés d'économie mixte ayant des actifs EnR



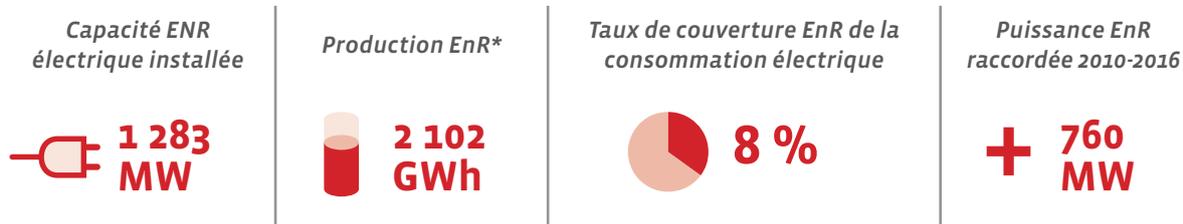
Réseaux citoyens

Observ'ER

Le Baromètre 2017 des énergies renouvelables électriques en France

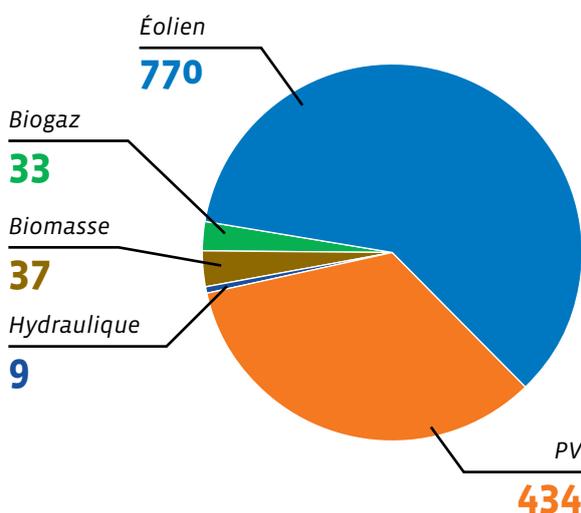
PAYS DE LA LOIRE

CHIFFRES CLÉS ÉLECTRICITÉ RENOUVELABLE 2016

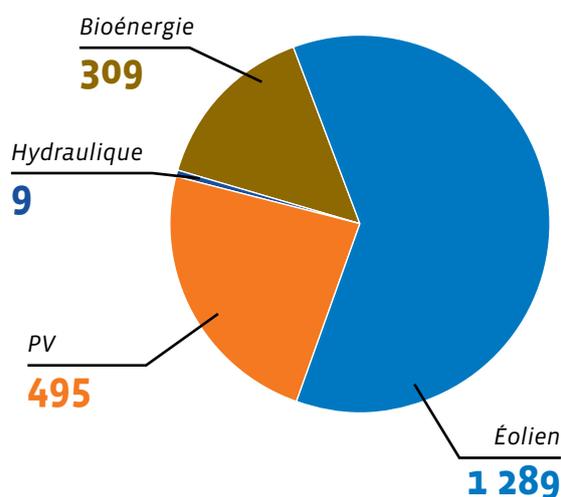


PUISSANCES ET PRODUCTIONS 2016

Répartition du parc EnR électrique régional (MW)



Production électrique régionale des filières EnR (GWh)*



OBJECTIFS ET GISEMENTS

Objectif SRCAE hydraulique 2020

14 MW

Objectif SRCAE éolien 2020

1 750 MW

Objectif SRCAE PV 2020

650 MW

 Gisement hydraulique 2050

0 MW

 Gisement éolien 2050

21 700 MW

 Gisement PV au sol 2050

2 600 MW

 Gisement PV sur toiture 2050

26 600 MW

* Production au 30 septembre 2017 sur les douze mois précédents.

Observ'ER

Le Baromètre 2017
des énergies renouvelables
électriques en France

LA RÉGION EN ACTION



S2E2 Smart Electricity Cluster

www.s2e2.fr

Pôle de compétitivité rassemblant des entreprises, des centres de recherche et des établissements de formation intervenant dans les domaines des technologies de l'énergie électrique et des smart grids au service de la gestion de l'énergie. Ce pôle a été réalisé en commun avec les anciennes Régions Pays de la Loire, Centre et Limousin (Pays de la Loire, Centre-Val de Loire, Nouvelle-Aquitaine).



Vendée Énergie

www.sydev-vendee.fr

La société d'économie mixte créée en 2012 par le Syndicat départemental d'énergie et d'équipement de la Vendée (Sydev).



Neopolia

www.emr.neopolia.fr/neopolia-emr

Cluster d'entreprises réunies pour travailler ensemble sur les demandes du marché des technologies renouvelables.



Anjou Énergies Renouvelables (Sem AER)

www.sieml.fr

Société d'économie mixte créée en 2010 par le Syndicat intercommunal d'énergies du Maine-et-Loire (SIEML).



Alter Energies

www.anjouloireterritoire.fr

Alter énergies investit dans les énergies renouvelables en exploitant des centrales photovoltaïques et en développant l'éolien.



Dispositif régional d'observation partagée de l'énergie et du climat (Dropec)

www.dropec.fr

Le Dropec suit la situation énergétique et climatique de la Région Pays de la Loire. C'est un outil d'aide à la décision pour la mise en œuvre des politiques locales et régionales de l'énergie et du climat et pour sensibiliser les populations aux enjeux climatiques et énergétiques.



Énergies citoyennes en Pays de la Loire

www.eolien-citoyen.fr/reseau-energies-citoyennes-en-pays-de-la-loire-accueil.html

Le réseau fédère associations, collectivités et sociétés de projets coopératives qui portent des projets citoyens d'énergies renouvelables et/ou de maîtrise de l'énergie.



Atlansun

www.atlansun.fr

Association de représentation de la filière solaire. Elle regroupe les entreprises et les acteurs du solaire du Grand Ouest souhaitant contribuer au développement de la filière. Son but est l'amélioration de la compétitivité et de la performance des entreprises et des membres de l'association.



Observatoires régionaux de l'environnement et de l'énergie



Associations de promotion des énergies renouvelables



Agences régionales de l'environnement et de l'énergie



Pôles de compétitivité, clusters d'entreprises



Objectifs et programmes régionaux



Sociétés d'économie mixte ayant des actifs EnR



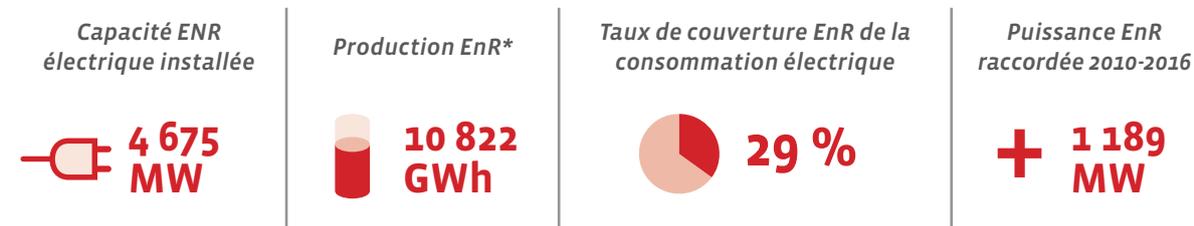
Réseaux citoyens

Observ'ER

Le Baromètre 2017 des énergies renouvelables électriques en France

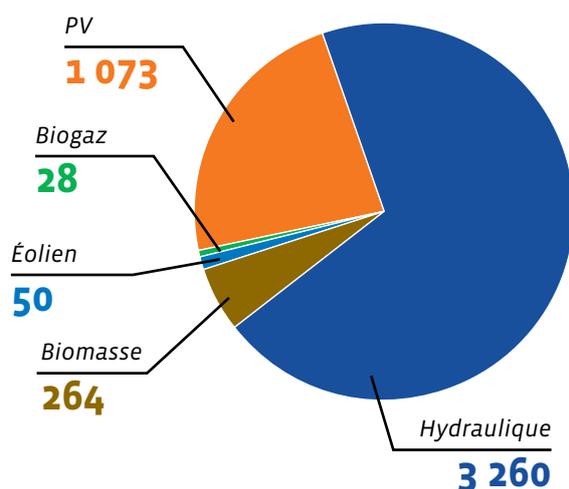
PROVENCE-ALPES-CÔTE D'AZUR

CHIFFRES CLÉS ÉLECTRICITÉ RENOUVELABLE 2016

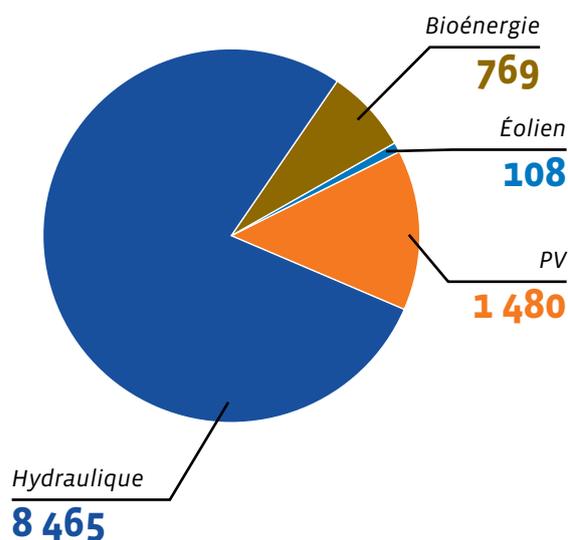


PUISSANCES ET PRODUCTIONS 2016

Répartition du parc EnR électrique régional (MW)



Production électrique régionale des filières EnR (GWh)*



OBJECTIFS ET GISEMENTS

Objectif SRCAE hydraulique 2020

3 275 MW

Objectif SRCAE éolien 2020

545 MW

Objectif SRCAE PV 2020

2 300 MW

 Gisement hydraulique 2050

3 200 MW

 Gisement éolien 2050

16 700 MW

 Gisement PV au sol 2050

3 200 MW

 Gisement PV sur toiture 2050

22 200 MW

* Production au 30 septembre 2017 sur les douze mois précédents.

Observ'ER

Le Baromètre 2017
des énergies renouvelables
électriques en France

LA RÉGION EN ACTION



Observatoire régional de l'énergie (Oreca)

oreca.regionpaca.fr

Bilan énergétique régional (tableau de bord), réalisation d'études spécifiques, soutien aux structures (collectivités, bureaux d'études, associations...), recherche de données statistiques sur l'énergie en région Provence-Alpes-Côte d'Azur.



Agence régionale pour l'environnement Provence-Alpes-Côte d'Azur (Arpe Paca)

www.arpe-paca.org

Initiation et accompagnement au montage de projets environnement, étude et validation de nouveaux procédés d'intervention pour sensibiliser, informer et animer.



Sem Seve (Soleil, eau, vent, énergie)

www.puysaintandre.fr

Société d'économie mixte créée en 2011 par la commune de Puy-Saint-André (Hautes-Alpes).



Pôle de compétitivité mer Méditerranée

www.polemermediterranee.com

Le pôle mer entend établir en Région Provence-Alpes-Côte d'Azur un pôle d'excellence pour les entreprises et les centres de recherche et de formation, avec le bassin méditerranéen comme territoire d'expérimentation, dont celles spécialisées dans les énergies marines renouvelables.



Pôle de compétitivité Capenergies

www.capenergies.fr

Regroupe plus de 400 acteurs présents en Paca, en Corse, à Monaco ainsi que sur les îles de la Guadeloupe et de la Réunion, représentant l'ensemble de la palette des énergies concernées, des PME-PMI et TPE aux grands groupes industriels en passant par les laboratoires et organismes de recherche ainsi que les centres de formation.



Hydro 21

www.hydro21.org

Association de promotion du potentiel et des compétences de la région grenobloise en hydraulique et hydroélectricité. Hydro 21 regroupe bureaux d'études, écoles d'ingénieurs, laboratoires universitaires et laboratoires privés ou centres de recherche.



Énergie partagée en Provence-Alpes-Côte d'Azur

www.energie-partagee.org

Le réseau fédère associations, collectivités et sociétés de projets coopératives qui portent des projets citoyens d'énergies renouvelables.

156



Observatoires régionaux de l'environnement et de l'énergie



Associations de promotion des énergies renouvelables



Agences régionales de l'environnement et de l'énergie



Pôles de compétitivité, clusters d'entreprises



Objectifs et programmes régionaux



Sociétés d'économie mixte ayant des actifs EnR



Réseaux citoyens

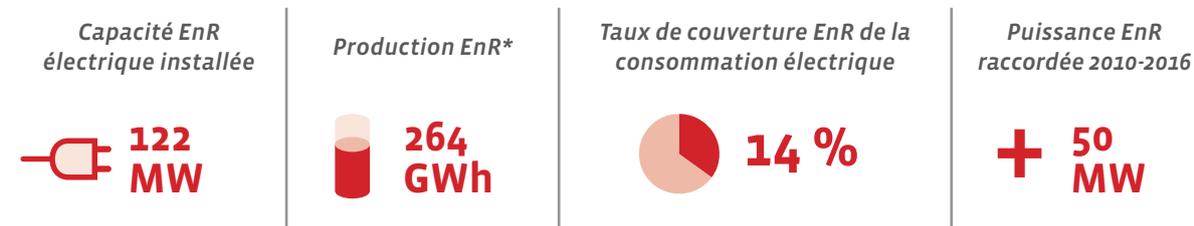
Observ'ER

Le Baromètre 2017 des énergies renouvelables électriques en France

LES RÉGIONS À LA LOUPE

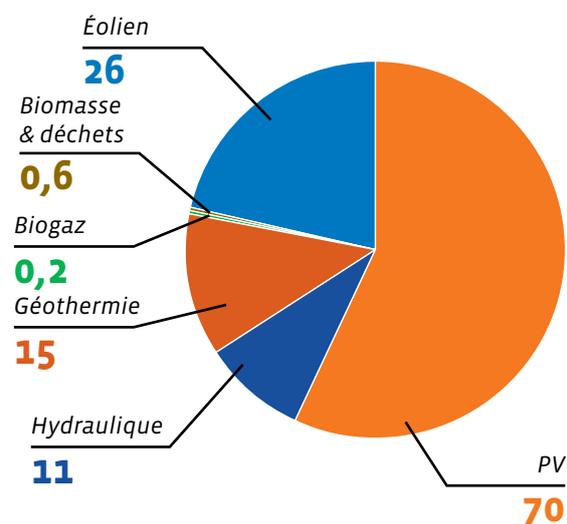
GUADELOUPE

CHIFFRES CLÉS ÉLECTRICITÉ RENOUVELABLE 2016

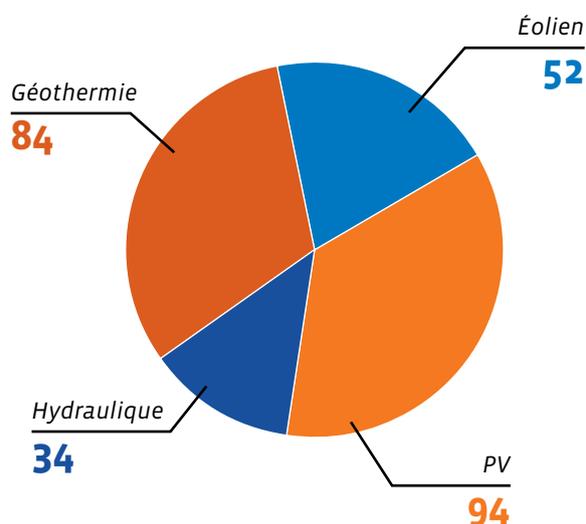


PUISSANCES ET PRODUCTIONS 2016

Répartition du parc EnR électrique régional (MW)



Production électrique régionale des filières EnR (GWh)*



OBJECTIFS ET GISEMENTS

Objectif SRCAE hydraulique 2020

14 MW

Objectif SRCAE éolien 2020

66 MW

Objectif SRCAE PV 2020

90 MW

Les gisements proviennent de l'étude Ademe "Vers un mix électrique 100 % renouvelable en 2050", 2015.

Observ'ER

Le Baromètre 2017
des énergies renouvelables
électriques en France

LA RÉGION EN ACTION



Politique énergétique en Région Guadeloupe

www.guadeloupe-energie.gp



Observatoire régional de l'énergie et du climat (OREC)

www.guadeloupe-energie.gp

Observatoire au service des politiques publiques, notamment lors de l'élaboration et la révision des documents de planification régionaux (Prerure, SRCAE, SRIT, PCET etc.) ainsi que les contractualisations territoriales (programme opérationnel Feder 2014-2020, contractualisation État-Ademe-Région-département).



Énergie du Nord Basse-Terre

www.environnement-canbt.org

Constituée en 2016, la société d'économie mixte Énergie du Nord Basse-Terre se veut un outil performant au service des projets de développement des énergies renouvelables sur le territoire, qu'ils soient d'initiative publique ou privée.



Guadeloupe ENR

www.symeg.net

Développé en 2015 à l'initiative du Sy.MEG (Syndicat Mixte d'électricité de la Guadeloupe), la société d'économie mixte Guadeloupe ENR développe des projets de type éolien, photovoltaïque, biogaz ou encore géothermique dans le but de doter la Guadeloupe d'un outil administratif, économique et scientifique pour accompagner la transition énergétique.

158



Observatoires régionaux de l'environnement et de l'énergie



Associations de promotion des énergies renouvelables



Agences régionales de l'environnement et de l'énergie



Pôles de compétitivité, clusters d'entreprises



Objectifs et programmes régionaux



Sociétés d'économie mixte ayant des actifs EnR



Réseaux citoyens

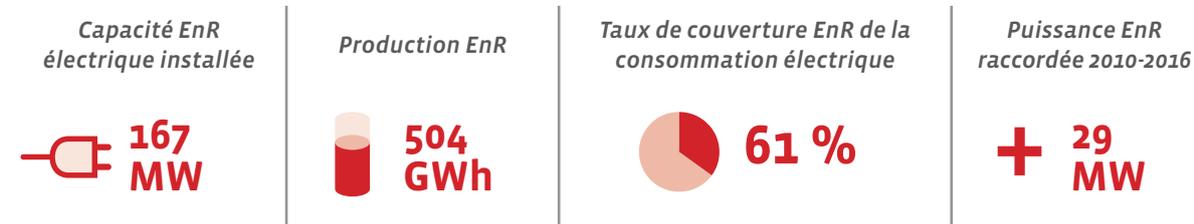
Observ'ER

Le Baromètre 2017 des énergies renouvelables électriques en France

LES RÉGIONS À LA LOUPE

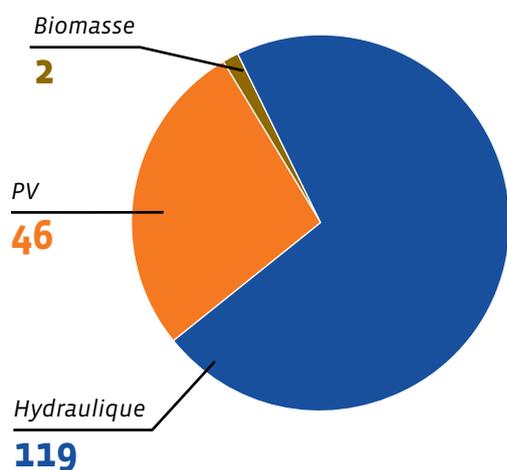
GUYANE

CHIFFRES CLÉS ÉLECTRICITÉ RENOUVELABLE 2016

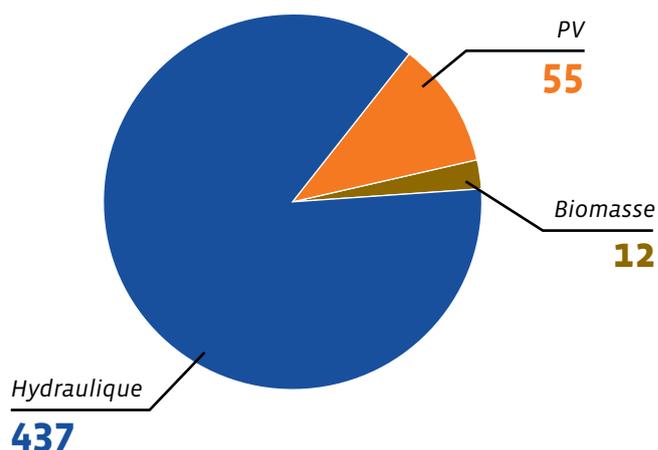


PUISSANCES ET PRODUCTIONS 2016

Répartition du parc EnR électrique régional (MW)



Production électrique régionale des filières EnR (GWh)



OBJECTIFS ET GISEMENTS

Objectif SRCAE hydraulique 2020

130 MW

Objectif SRCAE éolien 2020

40 MW

Objectif SRCAE PV 2020

32 MW

Les gisements proviennent de l'étude Ademe "Vers un mix électrique 100 % renouvelable en 2050", 2015.

Observ'ER

Le Baromètre 2017
des énergies renouvelables
électriques en France

LA RÉGION EN ACTION



Groupement des entreprises en énergies renouvelables de Guyane (Generg)

www.aquaa.fr

Regroupement d'entreprises œuvrant dans le secteur des énergies renouvelables. Promotion des entreprises, des techniques et des productions de ses membres, mettant en application les énergies renouvelables et la maîtrise de l'énergie en Guyane.



Association Guyane Énergie-Climat (GEC)

www.gec-guyane.fr

Le GEC participe à la connaissance de la situation énergétique et des émissions de gaz à effet de serre de Guyane. Il centralise les données énergies-climat et facilite leur mise à disposition auprès des acteurs régionaux.

160



Observatoires régionaux de l'environnement et de l'énergie



Associations de promotion des énergies renouvelables



Agences régionales de l'environnement et de l'énergie



Pôles de compétitivité, clusters d'entreprises



Objectifs et programmes régionaux



Sociétés d'économie mixte ayant des actifs EnR



Réseaux citoyens

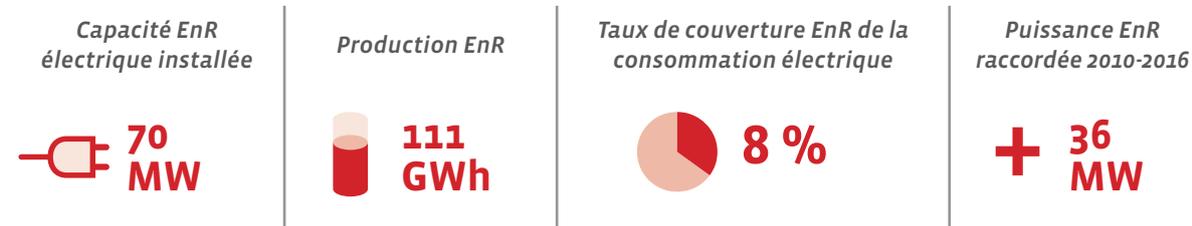
Observ'ER

Le Baromètre 2017 des énergies renouvelables électriques en France

LES RÉGIONS À LA LOUPE

MARTINIQUE

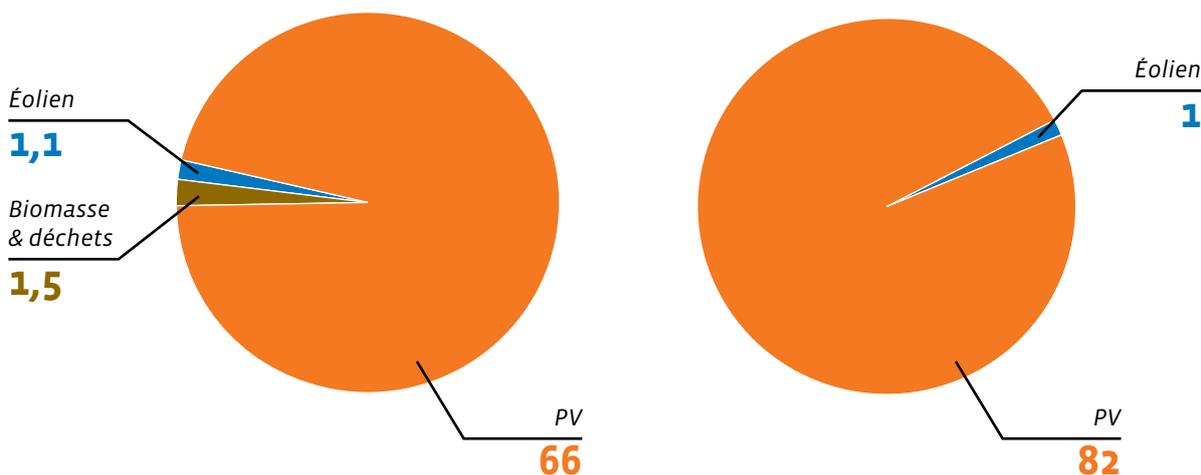
CHIFFRES CLÉS ÉLECTRICITÉ RENOUVELABLE 2016



PUISSANCES ET PRODUCTIONS 2016

Répartition du parc EnR électrique régional (MW)

Production électrique régionale des filières EnR (GWh)



OBJECTIFS ET GISEMENTS

Objectif SRCAE hydraulique 2020

0,5 MW

Objectif SRCAE éolien 2020

40 MW

Objectif SRCAE PV 2020

130 MW

Les gisements proviennent de l'étude Ademe "Vers un mix électrique 100 % renouvelable en 2050", 2015.

Observ'ER

Le Baromètre 2017
des énergies renouvelables
électriques en France

LA RÉGION EN ACTION



Observatoire martiniquais de l'énergie et des gaz à effet de serre (Omega)

www.energie.mq/observatoire

Omega est un outil d'aide au pilotage pour atteindre les objectifs d'autonomie énergétique fixés par le Grenelle de l'environnement.

162



*Observatoires régionaux
de l'environnement et de l'énergie*



*Associations de promotion
des énergies renouvelables*



*Agences régionales
de l'environnement et de l'énergie*



*Pôles de compétitivité,
clusters d'entreprises*



*Objectifs et programmes
régionaux*



*Sociétés d'économie mixte
ayant des actifs EnR*



Réseaux citoyens

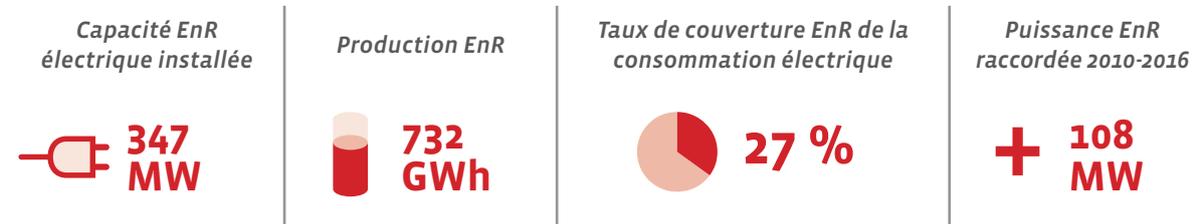
Observ'ER

Le Baromètre 2017
des énergies renouvelables
électriques en France

LES RÉGIONS À LA LOUPE

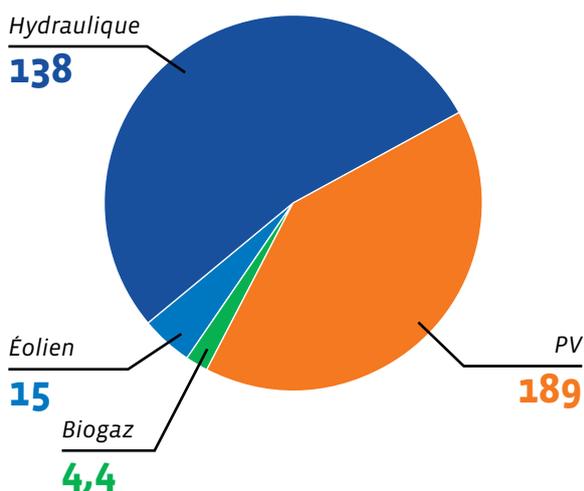
RÉUNION

CHIFFRES CLÉS ÉLECTRICITÉ RENOUVELABLE 2016

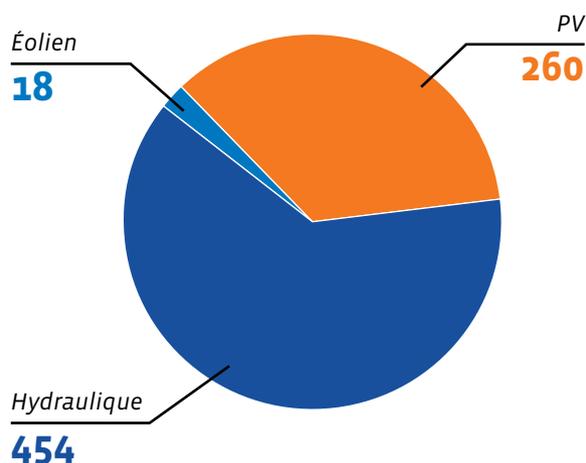


PUISSANCES ET PRODUCTIONS 2016

Répartition du parc EnR électrique régional (MW)



Production électrique régionale des filières EnR (GWh)



OBJECTIFS ET GISEMENTS

Objectif SRCAE hydraulique 2020

180 MW

Objectif SRCAE éolien 2020

35 MW

Objectif SRCAE PV 2020

250 MW

Les gisements proviennent de l'étude Ademe "Vers un mix électrique 100 % renouvelable en 2050", 2015.

Observ'ER

Le Baromètre 2017
des énergies renouvelables
électriques en France

LA RÉGION EN ACTION



Agence régionale de l'énergie Réunion (Arer)

www.arer.org

Site d'information à destination du grand public et des entreprises sur l'énergie à la Réunion. Des informations sur le niveau de développement des énergies renouvelables sont disponibles sur le site.



Énergies Réunion

www.energies-reunion.com

Son rôle : accompagner les collectivités locales actionnaires dans le développement de projets concrets aux enjeux énergétiques. Ses domaines d'action sont la maîtrise de la demande en énergie, les énergies nouvelles, l'observation, la gouvernance, l'information et la sensibilisation.



Temergie (Technologies des énergies maîtrisées, énergies renouvelables et gestion isolée de l'énergie de la Réunion)

www.temergie.com

Groupement d'entreprises, de laboratoires de recherche, d'organismes de formation, d'associations et de collectivités en faveur de l'émergence de projets collaboratifs d'innovation.

164



Observatoires régionaux
de l'environnement et de l'énergie



Associations de promotion
des énergies renouvelables



Agences régionales
de l'environnement et de l'énergie



Pôles de compétitivité,
clusters d'entreprises



Objectifs et programmes
régionaux



Sociétés d'économie mixte
ayant des actifs EnR

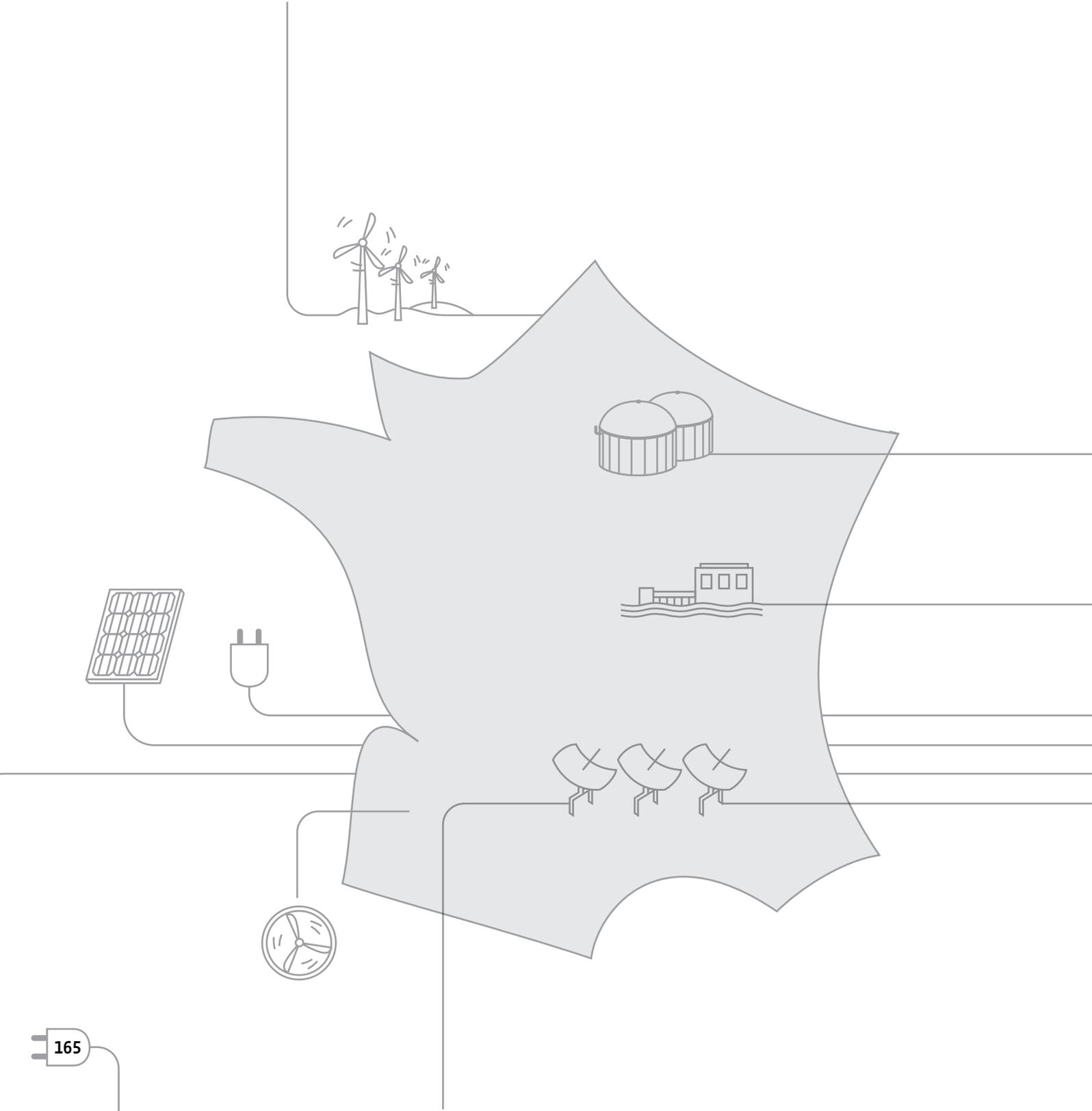


Réseaux citoyens

Observ'ER

Le Baromètre 2017
des énergies renouvelables
électriques en France

Retour
au sommaire



LEXIQUE ET SOURCES

Observ'ER

Le Baromètre 2017
des énergies renouvelables
électriques en France

Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (Ademe)

Sa mission est d'animer, coordonner, faciliter ou réaliser des opérations ayant pour objets la protection de l'environnement, la maîtrise de l'énergie et le développement des énergies renouvelable sur le territoire national.

Agrégateur

Achète l'électricité de petits producteurs et la revend sur le marché.

Biométhane

Gaz riche en méthane provenant de l'épuration du biogaz issu de la fermentation de matières organiques. Il peut être utilisé dans une chaudière, comme carburant de véhicules ou être injecté dans le réseau de transport de gaz naturel.

Commission de régulation de l'énergie (CRE)

La CRE est une autorité administrative indépendante chargée de veiller au bon fonctionnement des marchés de l'électricité et du gaz en France.

Cogénération

Production simultanée de deux formes d'énergie différentes au sein du même processus de production. Le cas le plus fréquent est la production d'électricité et de chaleur, la chaleur étant issue de la production électrique.

Coût actualisé de l'énergie (LCOE pour *levelized cost of electricity*)

Correspond au coût du système (investissement actualisé + coûts opérationnels) divisé par la production électrique (le nombre de kWh) qu'il produira sur toute sa durée de vie.

Direction générale de l'énergie et du climat (DGEC, ex-Dideme, Direction de la demande et des marchés énergétiques)

La DGEC définit et met en œuvre la politique française relative à l'énergie, aux matières premières énergétiques ainsi qu'à la lutte contre le changement climatique et la pollution atmosphérique.

Digestat

Résidu solide ou liquide pâteux composé d'éléments organiques non dégradés et de minéraux issus du processus de méthanisation de matières organiques.

Digesteur

Désigne une cuve qui produit du biogaz grâce à un procédé de méthanisation des matières organiques.

Entreprises locales de distribution (ELD)

Les ELD sont des entreprises créées par les collectivités locales pour exploiter les réseaux de distribution.

Guichet ouvert

Un développeur de projet passe par une procédure en guichet ouvert lorsqu'il peut déposer son projet pour analyse à n'importe quel moment, sans avoir à attendre un appel d'offres.

GWh

Abréviation de gigawatt-heure (tera = 10^9).

Haute chute et basse chute

Une centrale hydroélectrique de haute chute utilise une chute d'eau de plus de 50 mètres. À l'inverse, les centrales basse chute sont sous ce seuil.

Mix électrique

La composition par source d'électricité de la production électrique globale d'un territoire donné.

MWh

Abréviation de mégawatt-heure (méga = 10^6).
1 MWh = 0,086 tep, sauf pour l'électricité géothermie (1 MWh = 0,86 tep).

Module photovoltaïque

Assemblage de cellules photovoltaïques interconnectées, complètement protégé de l'environnement.

Programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE)

Il s'agit du nouvel outil de pilotage fixant les priorités d'action des pouvoirs publics dans le domaine de la transition énergétique, conformément aux engagements pris dans la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte. Ce document a remplacé la PPI.

Réseau électrique

Ensemble d'infrastructures permettant d'acheminer l'énergie électrique. Il est constitué de lignes électriques.

Retour énergétique

C'est le taux de rendement énergétique, c'est-à-dire le temps que met une installation ENR pour produire la quantité d'énergie qu'elle a consommée au cours de son cycle de vie.

Service de la donnée et des études statistiques (SDES)

Le SDES est rattaché au Commissariat général au développement durable (CGDD). Il assure, depuis le 10 juillet 2008, les fonctions de service statistique pour les domaines de l'environnement (ex-Ifen), de l'énergie (ex-Observatoire de l'énergie), de la construction, du logement et des transports (ex-SESP).

Schémas régionaux climat air énergie (SRCAE)

Co-pilotés par les préfets de Région et les présidents des conseils régionaux, ils comptent parmi les grands schémas régionaux créés par les lois Grenelle I et Grenelle II. Chaque SRCAE doit intégrer dans un seul et même cadre divers documents de planification ayant un lien fort avec l'énergie et le climat, dont notamment les schémas éoliens et les schémas de services collectifs de l'énergie.

Substrat

Type de déchets valorisés dans un processus de méthanisation pour la production de biogaz. Ceux-ci peuvent être d'origine agricole (lisiers, fumiers), venir de l'industrie agroalimentaire (résidus de distillation, marc, déchets de brasserie, graisse alimentaire), de stations de traitement des eaux (boues de Step), de déchets ménagers organiques, de déchets verts, etc.

Taux de rentabilité interne (TRI)

Mesure de la performance d'un investissement, exprimé en pourcentage. Un investissement est dit rentable lorsque le TRI est supérieur aux exigences de rentabilité des investisseurs.

Territoire à énergie positive pour la croissance verte (TEPCV)

Territoires lauréats de l'appel à initiatives du même nom lancé par le ministère de l'Environnement en septembre 2014. Ces territoires proposent un programme global pour un nouveau modèle de développement plus sobre, basé sur la réduction des besoins en énergie des habitants, des constructions, des activités économiques, des transports et des loisirs. Les TEPCV étaient au nombre de 355 au 1^{er} août 2016.

Tonne d'équivalent pétrole (Tep)

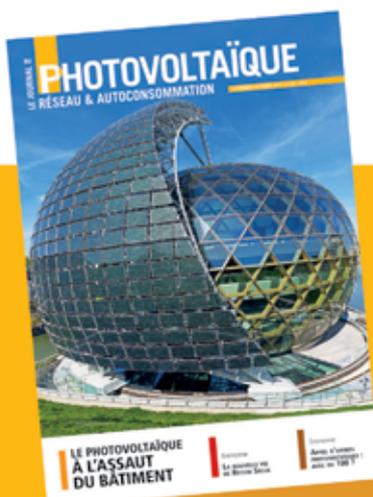
Elle est l'unité conventionnelle permettant de réaliser des bilans énergétiques multi-énergie avec comme référence l'équivalence en pétrole. Elle vaut, par définition, 41,868 gigajoules (GJ), ce qui correspond au pouvoir calorifique d'une tonne de pétrole.

DÉCOUVREZ LES **3 JOURNAUX** DES ÉDITIONS OBSERV'ER

LE JOURNAL **DES ÉNERGIES
RENOUVELABLES**

5 numéros par an
+ 40 envois "L'Actu EnR"
(newsletter hebdo dédiée aux EnR)

www.journal-enr.org



LE JOURNAL **DE PHOTOVOLTAÏQUE**
RÉSEAU & AUTOCONSOMMATION

5 numéros par an
+ 40 envois "L'Actu PV"
(newsletter hebdo dédiée
au photovoltaïque)

www.journal-photovoltaïque.org

LE JOURNAL **DE L'ÉOLIEN**
ONSHORE & OFFSHORE

5 numéros par an
+ 40 envois "L'Actu Éolien"
(newsletter hebdo dédiée à l'éolien)

www.journal-eolien.org



Abonnement sur : librairie-energies-renouvelables.org



ORGANISMES

- Ademe (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie)
- AFPG (Association française des professionnels de la géothermie)
- ATEE Club Biogaz
- Amorce (Association nationale des collectivités, des associations et des entreprises pour la gestion des déchets, de l'énergie et des réseaux de chaleur)
- Baromètres EurObserv'ER
- BPIFrance
- BRGM (Bureau de recherches géologiques et minières)
- CEWEP (Confederation of European Waste-to-Energy Plants)
- CIBE (Comité interprofessionnel du bois énergie)
- CNIID (Centre national d'information indépendante sur les déchets)
- CRE (Commission de régulation de l'énergie)
- Enedis
- Le réseau des DREAL (directions régionales de l'environnement, de l'aménagement et du logement)
- EDF SEI (Électricité de France Systèmes électriques insulaires)
- Enerplan (Syndicat des professionnels de l'énergie solaire)
- ÉS Géothermie (Électricité de Strasbourg géothermie)
- Estela Solar (European Solar Thermal Electricity Association)
- EWEA (European Wind Energy Association)
- La FEE (France Énergie éolienne)
- FNCCR (Fédération nationale des collectivités concédantes et régies)
- France Énergies marines
- France Hydroélectricité
- France Territoire solaire
- Hespul
- Ifremer (l'Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer)
- Ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie
- Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie
- Naval Energies
- Observ'ER – *Le Journal de l'Éolien*
- Observ'ER – *Le Journal du Photovoltaïque*
- Observ'ER – *Le Journal des Énergies Renouvelables*
- Qualit'EnR
- RTE (Réseau transport électricité)
- SER (Syndicat des énergies renouvelables)
- SOeS (Service de l'observation et des statistiques)
- SVDU (Syndicat national du traitement et de la valorisation des déchets urbains)
- UFE (Union française de l'électricité)

SITES INTERNET

- www.ademe.fr
- www.actu-environnement.com
- www.afpg.asso.fr

LISTE DES SOURCES UTILISÉES

Observ'ER

Le Baromètre 2017
des énergies renouvelables
électriques en France

- www.arer.org
- www.alstom.com/power/renewables/hydro
- www.amorce.asso.fr
- www.biogaz.atee.fr
- www.biogazvallee.eu
- www.bpifrance.fr
- www.brgm.fr
- www.cewep.eu
- www.cibe.fr
- www.cluster-maritime.fr
- www.cniid.org
- www.cnr.tm.fr
- www.cogenerationbiomasserhonealpes.org
- www.cre.fr
- www.dcnsgroup.com
- www.developpement-durable.gouv.fr
- www.economie.gouv.fr
- www.enedis.fr
- www.enerplan.asso.fr
- www.energiesdelamer.blogspot.com
- www.energie-plus.com
- www.energies-renouvelables.org
- www.enr.fr
- www.euroobserv-er.org
- www.ewea.org
- www.fee.asso.fr
- www.france-energies-marines.org
- www.france-hydro-electricite.fr
- www.france.edf.com
- www.geothermie-perspectives.fr
- www.geothermie-soultz.fr
- www.greenunivers.com
- www.iea-pvps.org
- www.ifremer.fr
- www.injectionbiomethane.fr
- www.lechodusolaire.fr
- www.observatoire-energie-photovoltaïque.com
- www.openhydro.com
- www.photovoltaïque.info
- www.pole-mer-bretagne.com
- www.polemerpaca.com

- www.promes.cnrs.fr
- www.pv-financing.eu
- www.rte-france.com
- www.sei.edf.com
- www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr
- www.ufe-electricite.fr

PUBLICATIONS

Toutes filières

- Bilan énergétique de la France métropolitaine en 2016, SDES, 2017
- Chiffres clés de l'énergie Édition 2016 Commissariat Général au Développement Durable, 2017
- *Étude du cadre législatif et réglementaire applicable au financement participatif des énergies renouvelables*, Ademe, 2015
- *Étude sur le potentiel du stockage d'énergies DGCI – ATEE – Ademe* 2013
- *Feuille de route pour l'éolien en mer, 15 000 MW en 2030* SER 2013
- *Etat des installations raccordées* Enedis, 2017
- *Marchés & emplois dans le domaine des énergies renouvelables - Situation 2013-2015 et perspectives à court terme*, Ademe, 2017
- *Programmation pluriannuelle de l'énergie* Ministère de l'écologie du développement durable et de l'énergie, 2016
- *Panorama de l'électricité renouvelable au 30 septembre 2017*, RTE, SER, ERDF, ADEeF, 2017
- *Panorama de l'électricité renouvelable en 2016*, RTE, SER, ERDF, ADEeF, 2017
- *Quelle intégration territoriale des énergies renouvelables participatives ?*, Ademe, 2016

- *Raccordement des producteurs au réseau public toutes tensions : BT, HTA et HTB – DOM et territoires insulaires*, EDF SEI, 2017
- *Vers un mix électrique 100% renouvelable en 2050*, Ademe, 2015
- *Mix électrique 100% renouvelables à 2050. Evaluation macro-économique*, juin 2016

Biomasse

- *Biométhane, et votre territoire devient source d'énergie*, GrDF 2013
- *L'état des lieux de la filière biogaz en France ATEE Club Biogaz – E-CUBE Strategy Consultant*, 2016
- *Montage de projet de méthanisation – Recueil de recommandations et retour d'expériences*, Agence régionale de l'énergie Rhône-Alpes – Ademe, décembre 2015
- *Tableau de bord du biogaz*», SDES, troisième trimestre 2017

Éolien

- *Etude sur la filière éolienne française : bilan, prospective, stratégie*, ADEME, 2017
- *Observatoire de l'éolien, Analyse du marché et des emplois éoliens en France en 2016*, FEE – BearingPoint, 2017
- *Tableau de bord de l'éolien*, SDES, troisième trimestre 2017
- *Observatoire des coûts de l'éolien terrestre*, France Energie Eolienne et Pöyry Managing, 2016
- *Le parc éolien français et ses impacts sur l'avifaune*, LPO France, 2017

Solaire

- *Observatoire de l'énergie photovoltaïque en France*, France Territoire Solaire, 2017
- *Tableau de bord du photovoltaïque*, SDES, troisième trimestre 2017
- *Guide de mise en œuvre de projets PV en France*, PV Financing, Octobre 2016
- *Filière Photovoltaïque Française : Bilan, Perspectives et Stratégie*, ADEME, septembre 2015
- *Etude de la compétitivité et des retombées socio-économiques de la filière solaire française*, icare & consult, 2017

Hydroélectrique

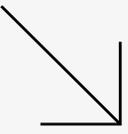
- *Evaluation de l'impact économique de la filière hydroélectrique française*, Le BIPE, 2013
- *Cahier des charges de l'appel d'offres portant sur la réalisation et l'exploitation d'installations hydroélectriques*, Commission de Régulation de l'Energie, avril 2016.
- *L'hydroélectricité à la croisée des chemins : donnons un nouvel élan à la première des énergies renouvelables*, France Hydro Electricité, 2017

EMR

- *Energies marines renouvelables – Etude méthodologique des impacts environnementaux et socio-économiques*, MEDDE 2012
- *Les énergies de la mer : une réalité industrielle, une dynamique collective*, Observatoire des Energies de la mer, 2017

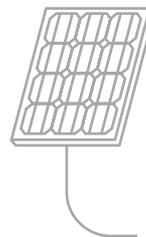
Géothermie

- *Le Savoir-faire français dans le domaine de la géothermie*, Ademe 2013



Ce document est téléchargeable
au format PDF sur :

- www.energies-renouvelables.org
- www.fnccr.asso.fr



RENSEIGNEMENTS ET INFORMATIONS

Pour de plus amples renseignements sur
le Baromètre des énergies renouvelables
électriques en France, veuillez contacter :

Diane Lescot ou Frédéric Tuillé

OBSERV'ER

146, rue de l'Université
75007 Paris

TÉL.

+ 33 (0) 1 44 18 00 80

FAX

+ 33 (0) 1 44 18 00 36

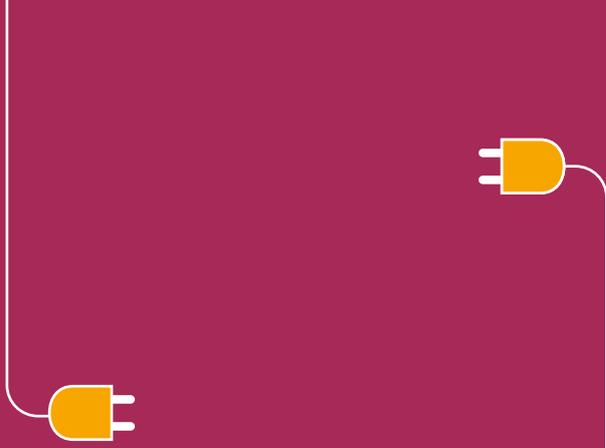
E-MAIL

observ.er@energies-renouvelables.org

INTERNET

www.energies-renouvelables.org





Observ'ER

146, rue de l'Université
75007 Paris

Tél.: +33 (0)1 44 18 00 80

www.energies-renouvelables.org

