



EXPERTISES

LES AVIS DE L'ADEME

Décembre
2017

Les énergies renouvelables et de récupération

ADEME



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

Photo ©Rochagneux_Fotolia



Associées à une politique de maîtrise de nos consommations d'énergie, les énergies renouvelables et de récupération (EnR&R) sont en capacité de couvrir plus des deux tiers des besoins de la France en 2050, assurant ainsi la sécurité d'approvisionnement et la stabilité des coûts, un taux élevé d'indépendance énergétique, la préservation de l'environnement et une relocalisation de la valeur et des emplois.

Les EnR, une diversité d'énergies pour une réponse au défi climatique

Les **Energies Renouvelables et de Récupération (EnR&R)** sont des sources d'énergies dont le renouvellement naturel est assez rapide pour qu'elles puissent être considérées comme inépuisables à l'échelle du temps humain.

Elles **comprennent** une **diversité** de technologies, qui peuvent être directement exploitées pour différentes tailles d'installations et de manière décentralisée, par **des particuliers, des collectivités, et des entreprises**. Elles permettent de couvrir les besoins **de chaleur/froid, d'électricité, et de carburant**.

Retenons notamment les vecteurs énergétiques suivants :

- **La chaleur renouvelable** et de récupération répond à un besoin majeur d'énergie (50% de la consommation d'énergie française vise à produire de la chaleur) et permet d'éviter autant d'importation d'énergie fossile en valorisant des ressources locales (bois, géothermie, pompes à chaleur, solaire) ou en récupérant de la chaleur jusqu'ici non valorisée sur un site tertiaire ou industriel (« chaleur de récupération »).

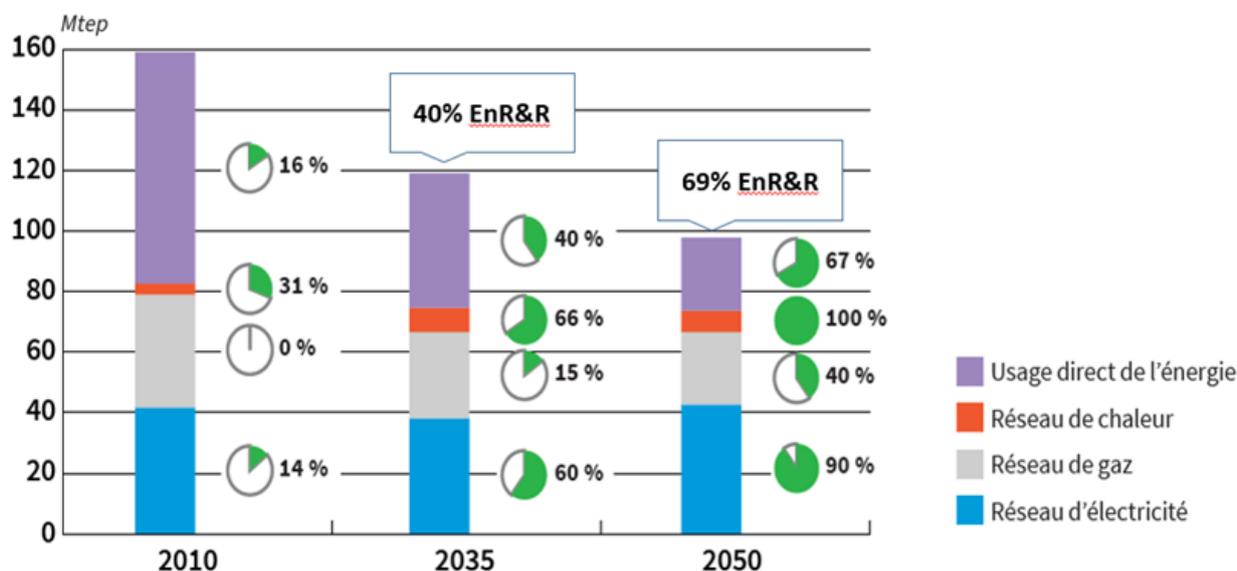
- **L'électricité** (hydroélectricité, éolien, photovoltaïque) couvre des besoins génériques (industries, éclairage, cuisson) ou spécifiques (communications) mais peut aussi alimenter une partie de la mobilité voire de la chaleur ou du froid (conversion d'énergie).

- **Le gaz et les carburants** d'origine renouvelable s'appuient sur plusieurs sources : biocarburants, biogaz, électricité renouvelable (production d'hydrogène et de méthane).

Sur l'ensemble de ces vecteurs, la production d'EnR&R concourt à une meilleure répartition de la production sur le territoire.

Le développement des EnR&R, accompagné d'une baisse de consommation notamment pour les énergies les plus polluantes (charbon, pétrole), permettra d'atteindre des pourcentages d'EnR&R différents selon le vecteur énergétique. Dans les visions prospectives de l'ADEME, les réseaux électriques et les réseaux de chaleur sont ceux permettant d'atteindre les plus forts taux de renouvelables en 2050.

Evolution de la part d'EnR selon les différents réseaux et usage direct, dans les Visions prospectives de l'ADEME¹

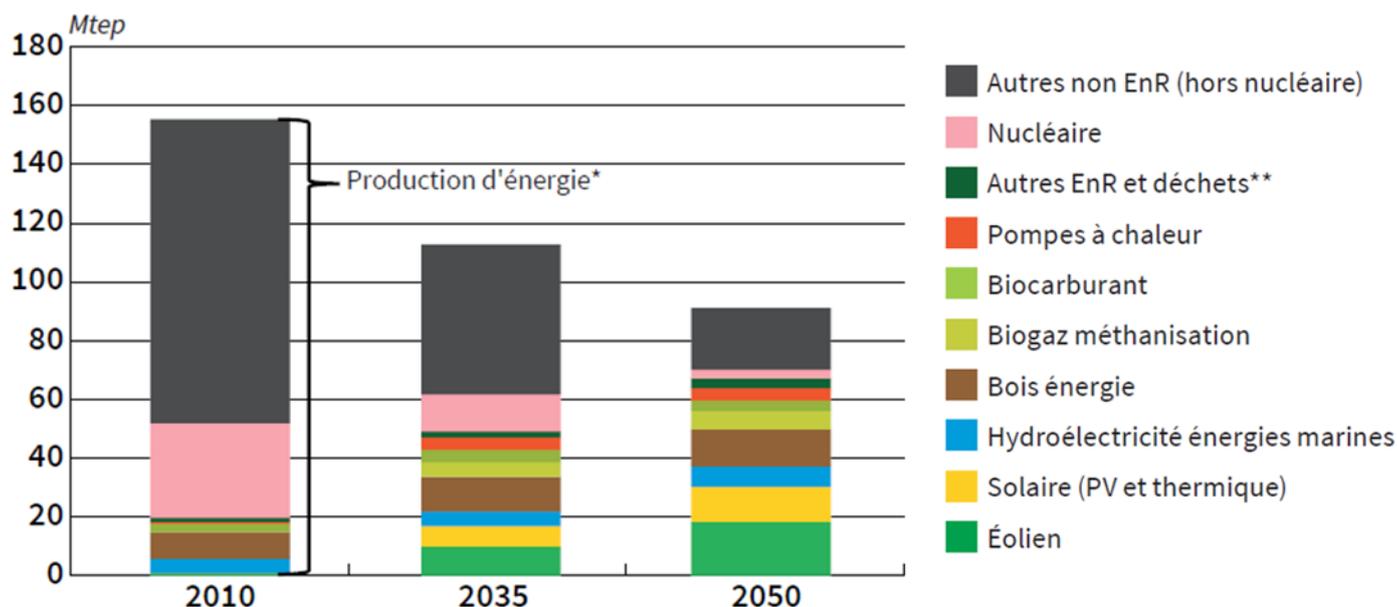


¹Les visions 2050 comprennent 3 scénarios dont le scénario présenté ici correspondant à un « Mix à 90% d'électricité renouvelable ». Les usages directs de l'énergie correspondent à toutes les énergies utilisées directement sur site pour la mobilité, le chauffage (ex : pétrole, fioul, biocarburant, bois énergie, pompes à chaleur...)

Les renouvelables pourront représenter 70% de notre approvisionnement énergétique en 2050

L'ADEME propose une trajectoire ambitieuse de développement des EnR&R, qui, associée à une politique de maîtrise de la demande, permettra de porter la part des EnR&R dans la consommation d'énergie française de 15% aujourd'hui à 40% en 2035 et 60-70% en 2050.

Progression de la part d'EnR dans le mix énergétique français, dans les Visions prospectives ADEME (en Mtep, en TWh)



* Production nette d'énergie à partir de sources primaires (n'inclut pas la transformation de gaz, élec. et chaleur de réseau).

** UIOM, récupération de chaleur fatale, géothermie et déchets.

Energie produite par an (TWh)	2010	2035	2050
Eolien (terrestre et maritime)	8,5	118,3	212,4
bois énergie	106,7	142,1	149,2
solaire (PV et thermique)	0,5	78,6	138,5
Hydroélectricité & énergies marines	58,4	54,3	77,9
biogaz méthanisation	-	53,5	73,8
pompes à chaleur	11,6	45,0	50,6
Autres EnR&R (UIOM, récup chaleur fatale, géothermie)	14,9	30,3	43,2
biocarburant	27,8	48,5	34,8
non EnR – autres (y compris nucléaire)	1 571,6	734,7	272,80
TOTAL	1800	1305,3	1053,1

Cette trajectoire, compatible avec les objectifs climatiques, revêt également de **forts enjeux industriels et stratégiques**, pour des filières dynamiques et innovantes :

- La **diversité du portefeuille des technologies de conversion et des sources d'EnR&R** est un atout pour bâtir un mix énergétique national très renouvelable, qui soit résilient, compétitif et durable.
- Techniquement, les **potentiels d'EnR&R disponibles sur le territoire français** permettent globalement d'envisager la couverture de la plupart des besoins énergétiques, actuels et prévisibles.
- Les **filières EnR bénéficient d'une bonne dynamique** avec des objectifs ambitieux, 23% en 2020 et 32% en 2030, qui confèrent de la visibilité, propice à l'investissement. Toutefois, certaines filières indispensables à la transition énergétique sont moins avancées en France que dans d'autres pays européens (parc éolien terrestre de 11 GW en France², et de 45 GW en Allemagne³).
- La trajectoire proposée par l'ADEME est techniquement réalisable, sans rupture technologique, et compatible avec le développement de filières industrielles. Elle devra s'accompagner du développement de certaines technologies liées aux **réseaux intelligents** (ou « Smart Grids ») pour faciliter l'intégration des EnR : pour l'électricité (amélioration de la prévision, écrêtage dynamique avant 2030, stockage surtout après 2030) ou pour le biogaz (rebours).
- La **récupération de la chaleur fatale perdue dans des procédés industriels** a également un potentiel significatif à l'échelle nationale correspondant à 36% de la consommation de

combustibles du secteur industriel. Elle représente une opportunité économique et environnementale pour les industriels comme pour les territoires.

- De nouvelles **opportunités à l'export** se présentent pour les filières émergentes, où certains industriels français pourraient se positionner dans un marché mondial en forte croissance (éolien en mer flottant, réseaux intelligents, hydrogène renouvelable, méthane de synthèse, géothermie...).

Un bénéfice environnemental et climatique

Les EnR ont un bilan environnemental meilleur que les autres sources d'énergie, sur la plupart des impacts environnementaux, même s'il reste nécessaire d'affiner les évaluations pour les technologies les moins matures.

Les émissions de CO₂ moyennes prenant en compte le cycle de vie complet des différentes technologies EnR s'échelonnent de 4 à 48 grCO₂eq/kWh⁴ (du même ordre de grandeur que le nucléaire à 16 grCO₂eq/kWh) alors que celles des technologies fossiles vont d'environ 400⁵ à plus de 1000⁶ grCO₂eq/kWh.

Les technologies EnR sont majoritairement réversibles, démontables, recyclables.

Le recours à certains matériaux critiques, comme les terres rares, est très minoritaire pour les technologies actuelles et des solutions alternatives se développent pour limiter leur utilisation.

Des mesures sont mises en place pour réduire les impacts résiduels (ex : mesures pour favoriser la prise en compte de la biodiversité et la minimisation de l'occupation et de l'artificialisation des sols...)

² Au 30/09/2016, d'après le SOeS.

³ Au 31/12/2016, d'après de BWE.

⁴ Au fur et à mesure de l'amélioration des procédés de fabrication, et de l'augmentation du taux de pénétration des EnR dans le système énergétique, pour les EnR, les valeurs hautes tendront vers les valeurs basses de la fourchette présentée.

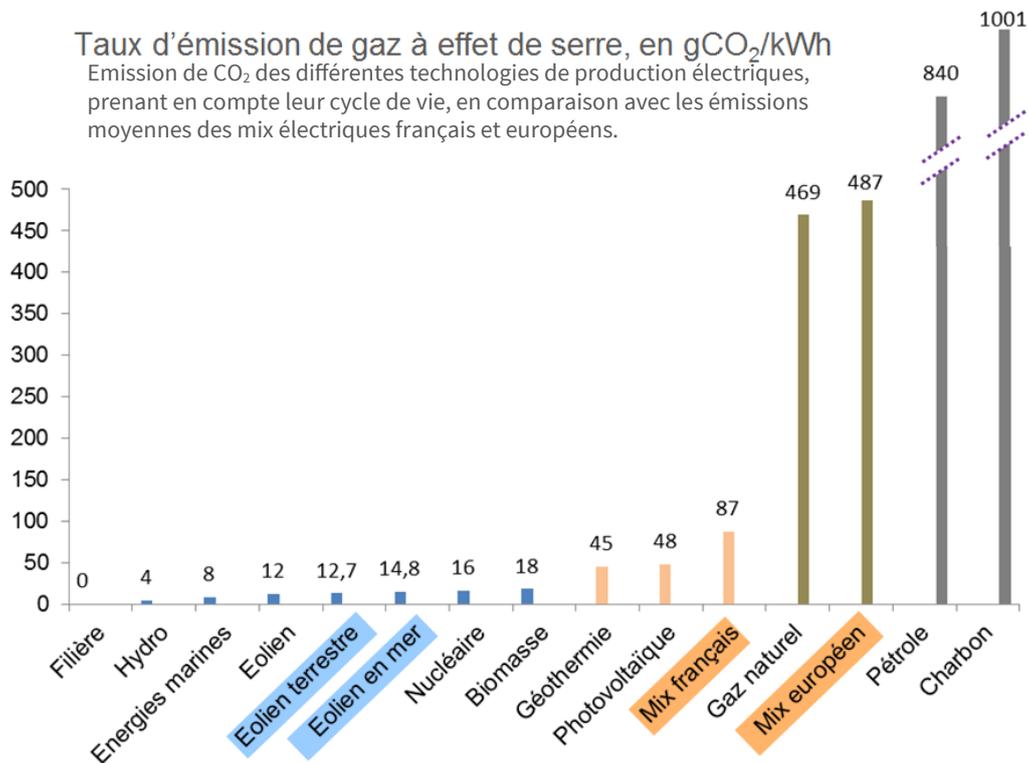
⁵ Gaz naturel – combustion.

⁶ Centrales électriques charbon-lignite, Europe.



Taux d'émission de gaz à effet de serre, en gCO₂/kWh

Emission de CO₂ des différentes technologies de production électriques, prenant en compte leur cycle de vie, en comparaison avec les émissions moyennes des mix électriques français et européens.



Le développement des EnR représente une opportunité économique pour la France

Si un moyen de production d'EnR représente souvent un investissement important, cet investissement est rentabilisé dans le temps étant donné sa durée de vie technique longue et des coûts d'exploitation faibles.

Certaines filières sont d'ores et déjà compétitives avec les nouvelles installations dans leurs alternatives conventionnelles, qu'ils s'agissent d'électricité ou de chaleur. Dans les meilleures conditions, la « chaleur bois », la géothermie profonde, l'éolien et le photovoltaïque coûtent respectivement 48 €, 74 €, 57 € et 68 €/MWh en France. Certaines ont encore d'importantes marges de progrès (photovoltaïque, éolien, pompes à chaleur). D'autres ont une maturité moindre mais des potentiels importants, en termes de gisements, de baisse de coût, et de développement industriel (éolien posé et flottant, hydrolien).

Malgré la compétitivité de certaines EnR, des freins subsistent pour susciter les investissements : qu'il s'agisse de la barrière à l'investissement suscitée par des coûts d'investissement élevés (par exemple pompes à chaleur géothermiques), des barrières à l'utilisation occasionnées par des contraintes d'usage plus forte (variabilité, approvisionnement pour le bois), de coûts d'intégration spécifique (sur les procédés industriels notamment) ou de défaillance de rémunération apportée uniquement par le marché (marché de l'électricité).

Pour susciter les investissements, **des soutiens publics ciblés restent donc nécessaires** à court terme, en complémentarité avec la montée en puissance de la taxe carbone, favorisant la compétitivité des EnR. L'enjeu d'une meilleure information du public sur les bénéfices globaux de ces énergies renouvelables est également crucial pour faciliter le passage à l'action.

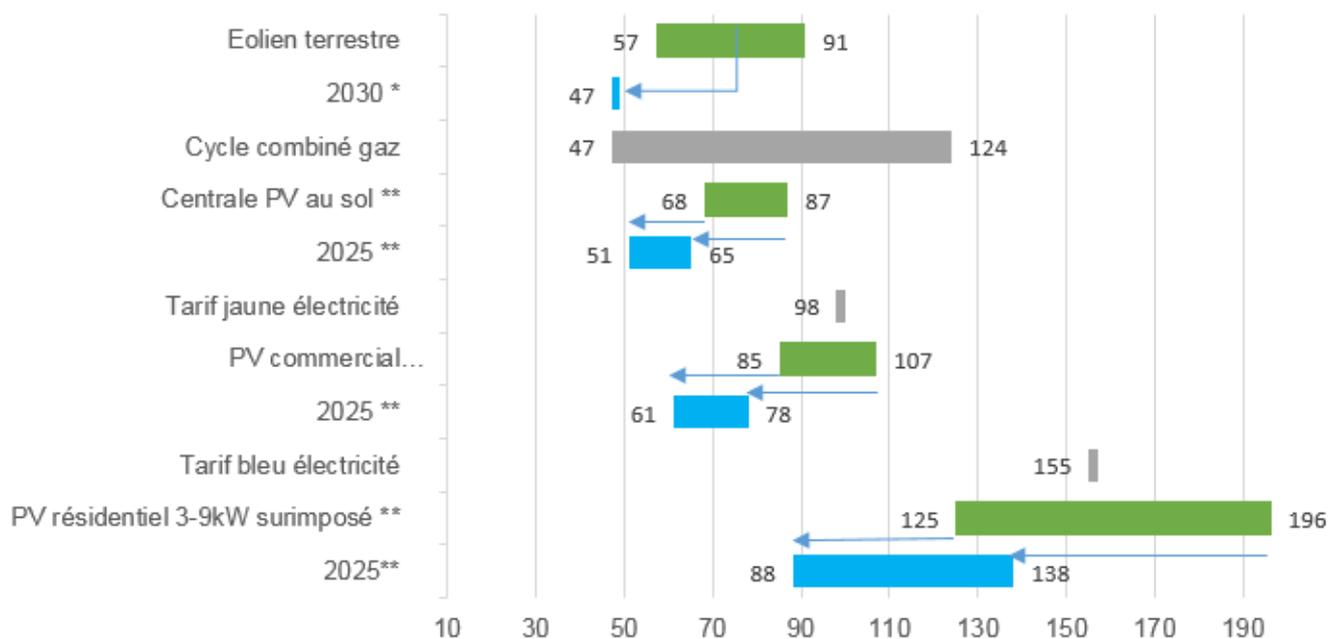
Du point de vue de la collectivité, le développement des EnR présente un certain nombre d'avantages et retombées économiques positives :

- Globalement, l'emploi lié au développement des EnR a progressé de 35 % sur la période 2006-2015. Ces plus de **80 000 emplois directs** sont générés par des activités industrielles stables et sont constitués de plus en plus d'emplois pérennes et non délocalisables liés à l'exploitation et la maintenance des systèmes.
- Dans une perspective de forte pénétration du mix énergétique par les EnR (>60% en 2050), le déficit de la balance commerciale lié aux importations d'énergie pourrait être réduit de 60% en 2035 et 85% en 2050⁷. Du point de vue macro-économique, les forts investissements liés aux scénarios de transition énergétique sont compensés par des retombées positives pour l'économie française.

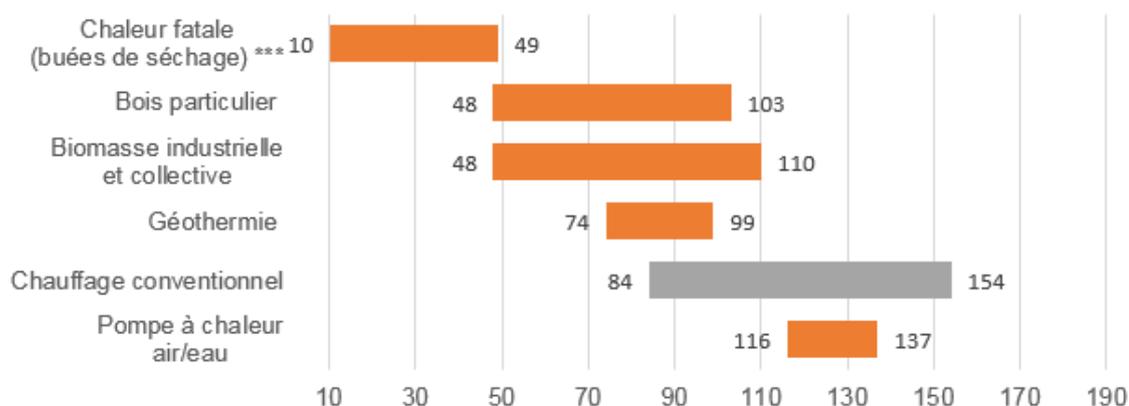
⁷Source ADEME, d'après Visions 2035-2050 (volumes d'importation) et AIE World Energy Outlook (évolution du prix des énergies).



Coûts complets de production en France pour la production d'électricité renouvelable (en euros/MWh)



Coûts complets de production en France pour la production de chaleur renouvelable (en euros/MWh)



Source : Coûts des énergies renouvelables en France, ADEME, édition 2016

* pour 2030, les estimations de coût pour l'éolien terrestre sont issues de l'étude ADEME 2017 "Caractérisation des innovations technologies du secteur de l'éolien et maturités des filières"

** Pour les centrales PV au sol, les données proviennent de l'étude ENERPLAN-ADEME 2017 "Bilan Perspective et Stratégie de la filière PV" et correspondent à des centrales en PACA (fourchette basse) et Pays de Loire (fourchette haute) ; pour le résidentiel, la fourchette haute correspond au nord de la France

*** Exemple de coût pour la récupération de chaleur issue de buées de séchage, source ADEME 2017 "intégration des EnR dans l'industrie"

Des énergies en soutien aux projets des territoires à même de renforcer la cohérence et la dynamique territoriale

Par nature, les EnR&R bénéficient d'un fort ancrage territorial puisqu'elles permettent de valoriser des ressources énergétiques locales (biomasse, vent, soleil, eau, sol, sous-sol...) en substitution de ressources importées ou produites ailleurs. Dans les départements d'outremer, dont les objectifs sont d'atteindre l'autonomie énergétique en 2030, les renouvelables électriques constituent même dès aujourd'hui un levier de réduction des coûts d'approvisionnement par rapport à la production fossile.

Ces filières constituent aussi des vecteurs de développement économique dont plusieurs collectivités territoriales s'emparent pour en faire la colonne vertébrale de leur projet de territoire.

Pour les collectivités, les recettes fiscales générées par les projets constituent aussi une nouvelle ressource. A travers l'investissement citoyen et participatif, les collectivités et les citoyens peuvent accroître l'appropriation collective des projets et ces retombées économiques sur leur territoire.

Dans cette optique, le développement des EnR&R représente une opportunité pour **les régions, chefs de file en matière d'énergie, qui peuvent en faire un pilier majeur de leurs actions en faveur du développement économique et de l'aménagement des territoires.** La planification énergétique, la mise en place de financements à bas coût ou encore la facilitation de l'innovation technologique ou sociétale (autoconsommation, projets EnR citoyens, mobilité propre...) sont autant de leviers à la portée des régions et des collectivités territoriales en général.

POUR EN SAVOIR PLUS

Fiche technique ADEME sur les énergies renouvelables et de récupération téléchargeable sur :

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

Sommaire détaillé de la fiche technique:

1. De quoi parle-t-on : les EnR, une diversité d'énergie et de technologies

Exemples pour les entreprises

Exemples pour les collectivités territoriales

Exemples pour le grand public

2. Etat des lieux, gisements, et dispositifs de soutien

Etat des lieux dans le Monde

Etat des lieux en France

Des gisements nationaux très importants

Les dispositifs de soutien en France et leur évolution

3. Forces et atouts des énergies renouvelables

Une compétitivité croissante des EnR

Des filières industrielles et des retombées économiques en croissance

Des technologies EnR ayant globalement de faibles impacts environnementaux

Des filières de production au service d'une réappropriation locale de l'énergie

4. Points d'attention / opportunités d'amélioration

Des filières nécessitant encore un soutien public ciblé

La perception sociale

Un enjeu de formation et de montée en compétence des acteurs

L'intégration locale aux réseaux

Les leviers pour optimiser l'usage des sols

5. Un fort potentiel de synergie entre les réseaux et systèmes énergétiques

6. Annexes

Etat des lieux des ENR – France 2017

Annexe : principaux impacts environnementaux des EnR et leviers d'atténuation

