



ÉNERGIES RENOUVELABLES RÉUSSIR LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE DE MON TERRITOIRE



Les communes sont des acteurs essentiels à la mise en œuvre de la loi relative à l'accélération de la production d'énergies renouvelables. Elles ont un rôle majeur à jouer dans le développement de ces filières nécessaires à la lutte contre le changement climatique et au renforcement de notre souveraineté énergétique. Ce jeu de fiches présente la diversité des énergies renouvelables à développer, leurs intérêts et les enjeux. Elles visent à contribuer aux débats et à la mise en œuvre des objectifs de planification.

Énergies renouvelables : la géothermie de surface

Réussir la transition écologique de mon territoire
012221-1

Énergies renouvelables : la récupération de chaleur

Réussir la transition écologique de mon territoire
(à venir) 012221-2

Énergies renouvelables : le bois énergie

Réussir la transition écologique de mon territoire
012221-3

Énergies renouvelables : la géothermie profonde

Réussir la transition écologique de mon territoire
012221-4

Énergies renouvelables : le solaire thermique

Réussir la transition écologique de mon territoire
012221-5

Énergies renouvelables : le photovoltaïque

Réussir la transition écologique de mon territoire
012221-6

Énergies renouvelables : l'éolien terrestre

Réussir la transition écologique de mon territoire
012221-7

Énergies renouvelables : les réseaux de chaleur

Réussir la transition écologique de mon territoire
012221-8

Énergies renouvelables : la méthanisation

Réussir la transition écologique de mon territoire
012221-9



**ÉNERGIES RENOUVELABLES : LA GÉOTHERMIE DE SURFACE
RÉUSSIR LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE DE MON TERRITOIRE**



ENR&R [012221] - **GÉOTHERMIE DE SURFACE [012221-1]** - RÉCUPÉRATION DE CHALEUR [012221-2] - BOIS ÉNERGIE [012221-3] - GÉOTHERMIE PROFONDE [012221-4] - SOLAIRE THERMIQUE [012221-5] - PHOTOVOLTAÏQUE [012221-6] - ÉOLIEN TERRESTRE [012221-7] - RÉSEAU DE CHALEUR [012221-8] - MÉTHANISATION [012221-9]

Les communes sont des acteurs essentiels à la mise en œuvre de la loi relative à l'accélération de la production d'énergies renouvelables. Elles ont un rôle majeur à jouer dans le développement de ces filières nécessaires à la lutte contre le changement climatique et au renforcement de notre souveraineté énergétique. Ce jeu de fiches présente la diversité des énergies renouvelables à développer, leurs intérêts et les enjeux. Elles visent à contribuer aux débats et à la mise en œuvre des objectifs de planification.

**La géothermie de surface,
comment ça marche ?**

La géothermie de surface concerne l'exploitation de la chaleur contenue dans le sous-sol jusqu'à 200 m. À ces profondeurs, la température relativement stable et autour d'une dizaine de degrés Celsius nécessite l'utilisation d'une pompe à chaleur pour valoriser l'énergie thermique du sous-sol.



Production 2020
4,77 TWh/an
(de chaleur renouvelable)



Objectifs de consommation

Objectif de la Planification Pluriannuelle de l'Énergie (PPE) pour la métropole à horizon 2028 (consommation finale) :

7 TWh/an (+ 50 % par rapport à 2020)



Émissions de CO₂

15 g CO₂/kWh_{th}
en phase d'exploitation

Coût du MWh produit (2020)

De 86 et 122 € HT/MWh
(coût complet moyen des pompes à chaleur sur champ de sondes)



95 € HT/MWh

(coût complet moyen des pompes à chaleur sur aquifère superficiel)



Emprise au sol

0,01 à 0,02 ha/MW_{th}
(surface artificialisée)

Emplois



1 470
ETP (2020)

? De quoi parle-t-on ?

La **géothermie de surface** (également appelée « géothermie Très Basse Énergie » ou « géothermie assistée par pompe à chaleur ») concerne l'exploitation de l'énergie contenue dans le sous-sol jusqu'à 200 m. À ces profondeurs, la température relativement stable et autour d'une dizaine de degrés Celsius nécessite le recours à une pompe à chaleur pour valoriser l'énergie thermique du sous-sol.

La géothermie de surface comprend principalement les installations de pompe à chaleur (PAC) :

- sur eau de nappe souterraine (sur aquifère superficiel) ;
- sur capteurs enterrés (capteurs horizontaux, sondes géothermiques verticales, échangeurs compacts géothermiques, géostructures énergétiques, etc.).

Les installations de PAC géothermiques couvrent des besoins de chaud (chauffage, eau chaude sanitaire) et de froid / rafraîchissement pour des bâtiments dont la surface varie d'une centaine de mètres carrés à plusieurs dizaines de milliers.

Leur mise en œuvre peut être envisagée en neuf comme en rénovation : habitat individuel et collectif, tertiaire (bureaux, établissements de santé et scolaires, maisons de retraite, bâtiments communaux, hôtellerie, grandes surfaces commerciales), centres aquatiques, secteur agricole (chauffage des serres)...

Typologie de solutions géothermiques de surface



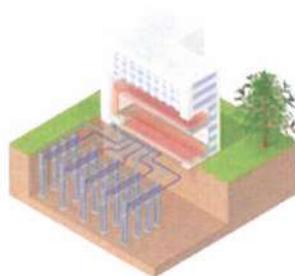
Pompe à chaleur sur eau de nappe souterraine



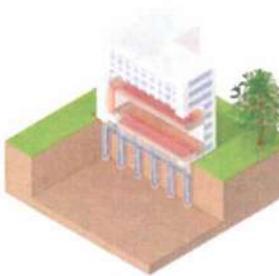
Pompe à chaleur sur corbeilles géothermiques



Pompe à chaleur sur capteurs enterrés horizontaux



Pompe à chaleur sur sondes géothermiques



Pompe à chaleur sur géostructures énergétiques

Source : www.géothermies.fr

Enjeux et perspectives

Les solutions de géothermie de surface représentaient moins de 1 % de la consommation finale de chaleur (environ 4,8 TWh de chaleur renouvelable géothermique) en France métropolitaine. Le gisement reste donc largement sous exploité bien que disponible localement 24h/24 sur plus de 85 % du territoire national (source BRGM).

Pour accélérer le développement de la géothermie de surface et profonde, le Gouvernement (avec l'ADEME) a élaboré un plan d'action national comprenant des mesures visant à :

- **Améliorer l'accompagnement technique et financier** des porteurs de projet ;
- Améliorer notre connaissance du sous-sol pour aider la prise de décision ;
- **Simplifier la réglementation** pour faciliter et accélérer le montage des projets ;
- Sensibiliser les acteurs locaux notamment par la mise en place d'une animation géothermie régionale ;
- **Structurer la filière** et renforcer sa capacité de production et de forage ;
- Développer l'offre de formations en lien avec la géothermie de surface sur tous les maillons de la chaîne de valeur des opérations.



Quel intérêt pour mon territoire ?



EMPLOIS LOCAUX

La géothermie de surface est une filière pourvoyeuse d'emplois dans des domaines et qualifications variés : forages, génie civil, génie thermique (installation de pompe à chaleur et équipements associés), maintenance, etc.



ÉNERGIE LOCALE

La géothermie de surface est une énergie renouvelable et locale. Il faut prioriser son usage dans les zones favorables, en particulier dans les zones verte et orange définies par le cadre réglementaire de la géothermie de minime importance.



Que puis-je faire en tant qu'élu.e ?

1

Créer des conditions favorables d'accompagnement (programmation, planification, animation et relais d'information) et/ou **mettre à disposition des outils d'aide à la décision** (schéma directeur énergies, cadastre géothermique, etc.)

2

Porter des projets de géothermie sur le patrimoine des communes et à l'échelle des territoires (mise en place de contrats chaleur renouvelable patrimoniaux et/ou territoriaux).

3

En tant qu'autorité organisatrice du service public de distribution de la chaleur, **étudier le développement de réseaux** de chaleur et/ou de froid ou de boucle d'eau tempérée à énergie géothermique.

4

Valoriser les retours d'expérience auprès d'autres collectivités et entreprises.



Idées reçues et sujets de débat

USAGES DE LA GÉOTHERMIE DE SURFACE :

Les coûts d'investissements pour l'installation de pompe à chaleur géothermiques varient en fonction de la puissance de l'équipement et des propriétés du sous-sol. En raison des coûts liés aux forages, les sommes à investir sont plus élevées que pour les installations fonctionnant avec des énergies traditionnelles (gaz naturel ou fuel) ou que celles des pompes à chaleur aérothermiques. Mais les coûts d'exploitation sont très faibles et stables dans le temps.

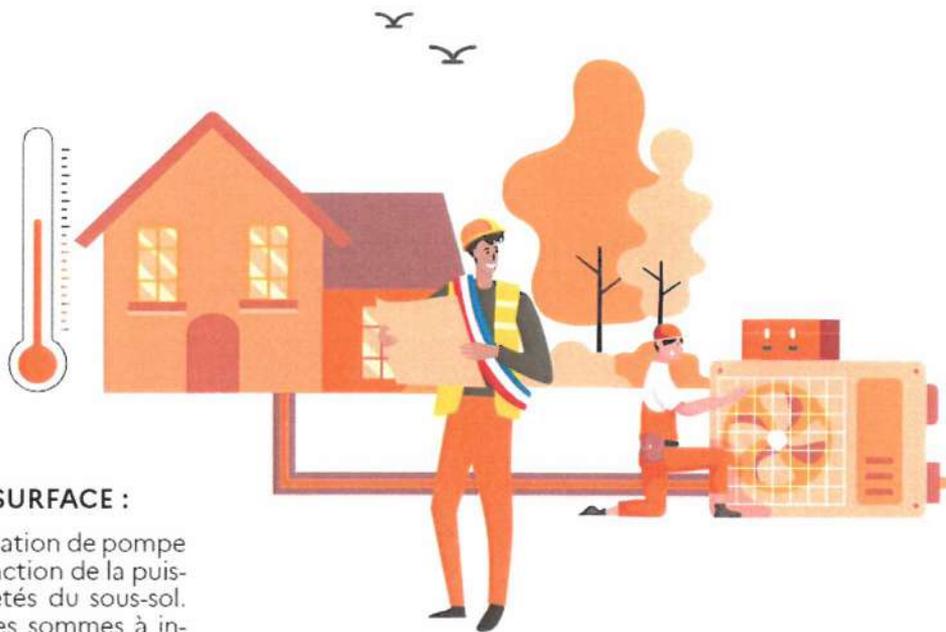
L'ensemble assure un retour sur investissement en 4 à 13 ans, les temps les plus courts étant observés dans le secteur collectif et tertiaire dès lors qu'il y a aussi des besoins de froid / rafraîchissement à couvrir. La durée de vie d'un forage est d'au moins 50 ans et celle d'une pompe à chaleur géothermique de plus de 20 ans.

SISMICITÉ :

La géothermie de surface ne présente aucun risque de sismicité.

IMPACT SUR LES NAPPES PHRÉATIQUES :

La géothermie de surface n'a pas d'impact sur les nappes phréatiques et ne les pollue pas.





**ÉNERGIES RENOUVELABLES : LE BOIS ÉNERGIE
RÉUSSIR LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE DE MON TERRITOIRE**



ENR&R [012221] - GÉOTHERMIE DE SURFACE [012221-1] - RÉCUPÉRATION DE CHALEUR [012221-2] - **BOIS ÉNERGIE [012221-3]** - GÉOTHERMIE PROFONDE [012221-4] - SOLAIRE THERMIQUE [012221-5] - PHOTOVOLTAÏQUE [012221-6] - ÉOLIEN TERRESTRE [012221-7] - RÉSEAU DE CHALEUR [012221-8] - METHANISATION [012221-9]

Les communes sont des acteurs essentiels à la mise en œuvre de la loi relative à l'accélération de la production d'énergies renouvelables. Elles ont un rôle majeur à jouer dans le développement de ces filières nécessaires à la lutte contre le changement climatique et au renforcement de notre souveraineté énergétique. Ce jeu de fiches présente la diversité des énergies renouvelables à développer, leurs intérêts et les enjeux. Elles visent à contribuer aux débats et à la mise en œuvre des objectifs de planification.

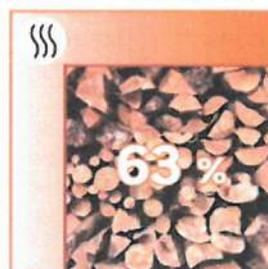
Le bois énergie, comment ça marche ?

Une chaufferie bois est une installation permettant de produire de la chaleur et/ou de l'électricité (cogénération simultanée de chaleur et d'électricité) à partir d'un combustible bois.

Part du bois énergie dans la consommation d'énergie primaire renouvelable (2021)



Part du bois énergie dans la consommation de chaleur renouvelable (2021)



126,6 TWh



Objectifs de production visés par la Planification Pluriannuelle de l'Énergie (PPE) à horizon 2028 :

157 à 169 TWh pour la production de chaleur biomasse solide



Émissions de CO₂ (plaquette forestière)

12,3 g CO₂/kWh PCI



Coût du MWh produit¹

60 - 96 € HT/MWh (installations < 1 MW)

51 - 89 € HT/MWh (installations > 1 MW)



Emplois

25 760 ETP (fin 2020)²

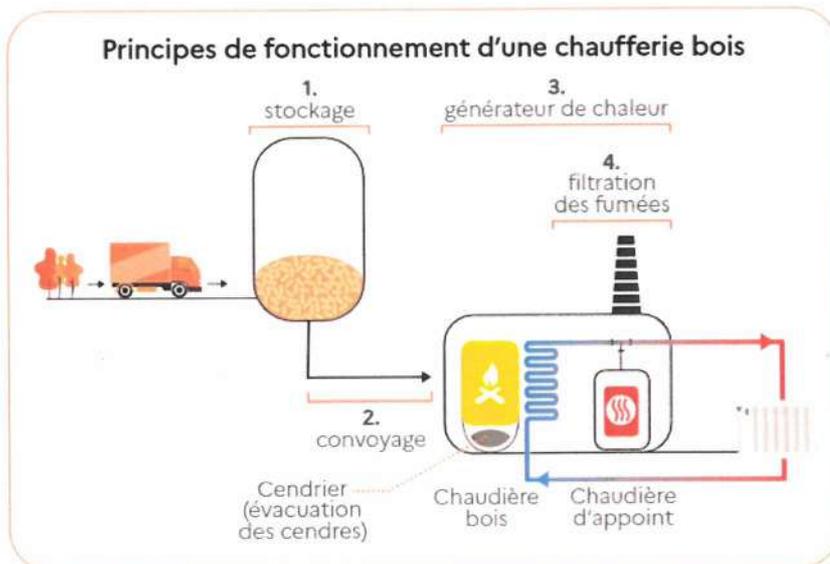
1. Coûts de revient pour une chaufferie biomasse (voir en page 4 pour le chauffage domestique au bois).
2. ADEME : Étude marchés et emplois concourant à la transition énergétique dans le secteur des énergies renouvelables et de récupération - 09/2022.

? De quoi parle-t-on ?

Une chaufferie bois est une installation permettant de produire de la chaleur et/ou de l'électricité en cogénération à partir d'un combustible bois. Le bois utilisé est généralement un coproduit de l'exploitation de bois valorisé en bois d'œuvre :

- **Les plaquettes forestières et assimilées** (combustibles obtenus par broyage ou déchiquetage de tout ou partie de végétaux ligneux issus de peuplements forestiers, de plantations ou de haies, n'ayant subi aucune transformation) ;
- **Les connexes et sous-produits de l'industrie de première transformation** (écorces, sciures, copeaux, plaquettes et broyats) ;
- **Les bois en fin de vie et bois déchets** (bois d'emballage, ameublement en fin de vie, etc.) ;
- **Les granulés bois** produits à partir de matières premières sèches et broyées, et issus de matières ligneuses ou de bois usagés.

La chaleur produite permet de répondre aux besoins de chauffage de bâtiments (chaufferie associée ou non à un réseau de chaleur) ou à des process industriels (eau chaude, vapeur, air chaud).



Enjeux et perspectives

Avec 35,1 % de la consommation d'énergie primaire renouvelable en 2021, le bois énergie¹ est la première énergie renouvelable de France. À ce titre, il a un rôle majeur à jouer dans la transition énergétique, en particulier pour la production de chaleur.

Plus de 41 % de la consommation finale d'énergie en 2021 est en effet liée à la production de chaleur. Or, cette chaleur reste majoritairement produite à partir d'énergie fossile importée (gaz, fioul). La produire à partir d'énergie renouvelable - chez les particuliers, chez les industriels ou pour alimenter des réseaux de chaleur urbains - permet de relocaliser la production d'énergie tout en valorisant des ressources renouvelables et locales.

Dans le secteur collectif/tertiaire, ce développement du bois énergie passe par le développement de réseaux de chaleur. Ces derniers sont en effet indispensables pour **mobiliser massivement des gisements locaux d'énergie renouvelable et de récupération** qui ne seraient pas distribuables autrement. Dans l'industrie, l'enjeu est le remplacement de chaudières alimentées en énergies fossiles par des chaudières biomasse.

Au-delà de la production de chaleur, le bois énergie permet la production d'électricité renouvelable à travers

les unités de cogénération. Néanmoins, pour optimiser la valorisation de la biomasse et maintenir un haut rendement énergétique, la Planification Pluriannuelle de l'Énergie privilégie un usage en chaleur plutôt qu'en production d'électricité.

La filière bois énergie est une **énergie renouvelable mature soutenue par des technologies performantes** dont des chaudières biomasse à haut rendement énergétique. Elle présente à ce titre plusieurs bénéfices environnementaux et énergétiques.

Au niveau macro-économique, la filière contribue à l'indépendance énergétique et à l'amélioration de la balance commerciale de la France via la baisse des importations d'énergies fossiles. Elle contribue également à structurer la filière amont (production de combustible).

Elle permet aux décideurs locaux de prendre en main la question de l'approvisionnement énergétique de leur territoire, d'opter pour le mode de gouvernance et de gestion de production d'énergie les mieux adaptés et de constituer de véritables outils des politiques d'aménagement du territoire dans lesquelles ils s'intègrent : Plan Climat Air Énergie (PCAET), Plan Local d'Urbanisme intercommunal et Habitat (PLUIH), etc.

1. La biomasse solide regroupe le bois énergie, les déchets renouvelables incinérés et les résidus agricoles et agroalimentaires (également incinérés et incluant la bagasse - résidu ligneux de la canne à sucre). La biomasse au sens large comprend également le biogaz et les biocarburants. Le bois énergie comprend le bois-bûche (commercialisé ou autoconsommé) ainsi que tous les coproduits du bois destinés à produire de l'énergie : liqueur noire, écorce, sciure, plaquettes forestières et plaquettes d'industrie, briquettes reconstituées et granulés, broyats de déchets industriels banals, bois en fin de vie, etc.



Quel intérêt pour mon territoire ?



EMPLOIS LOCAUX

La filière bois énergie contribue à l'économie locale, notamment au travers de l'exploitation forestière, du transport des matières et de l'exploitation des installations. On estime à près de 26 000 le nombre d'équivalents temps plein créés par la filière.



ÉQUITÉ SOCIALE

Un réseau de chaleur alimenté par du bois énergie permet de fournir une chaleur « bon marché » notamment aux logements sociaux, de renforcer la solidarité inter-quartier et de lutter contre la précarité énergétique (coûts de la chaleur stable dans le temps, contrairement à la volatilité du fossile, TVA réduite dans le cas des réseaux de chaleur).



ÉNERGIE LOCALE

Contrairement aux énergies fossiles, le bois énergie est principalement produit en France. Alors que les énergies fossiles sont importées du Moyen-Orient, d'Afrique et de Russie, le combustible bois provient généralement d'une source proche du lieu de consommation (parcelle forestière ou bocagère de la région).



Idées reçues et sujets de débat

DISPONIBILITÉ DE LA RESSOURCE :

Les objectifs nationaux de développement du bois énergie ont été fixés pour que le taux de prélèvement reste en deçà de l'accroissement des forêts. De fait, la superficie forestière métropolitaine continue à progresser de 0,7 % par an depuis 1980.

Avec 16,9 millions d'hectares, la forêt française couvre 31 % du territoire tandis que le volume de bois prélevé s'élève à 52 millions de m³ par an, soit en moyenne 60 % de l'accroissement biologique net des forêts nationales sur la période 2009-2017.

CONTRIBUTION DU BOIS ÉNERGIE À L'ATTÉNUATION DU CHANGEMENT CLIMATIQUE :

La filière bois énergie et l'entretien des forêts sont nécessaires à l'atteinte des objectifs de neutralité carbone d'ici 2050. Ils remplacent pour partie les autres ressources fossiles qui sont plus émettrices de gaz à effet de serre.

QUALITÉ DE L'AIR :

Le bois énergie représente 28 % des émissions nationales de particules PM₁₀, 45 % des émissions de PM_{2,5} et 4 % des émissions de NOx². Ces émissions de polluants atmosphériques sont principalement dues à l'utilisation d'appareils domestiques anciens peu performants.



Que puis-je faire en tant qu'élu.e ?

1 ACCUEILLIR...

Favoriser l'émergence de projets locaux en créant des conditions favorables : programmation, planification, animation, concertation avec les citoyens et relais d'information.

2 MOBILISER...

Porter des projets bois énergie à la fois sur le patrimoine de la commune, et en tant qu'autorité organisatrice du service public de distribution de la chaleur.

3 S'ENTOURER...

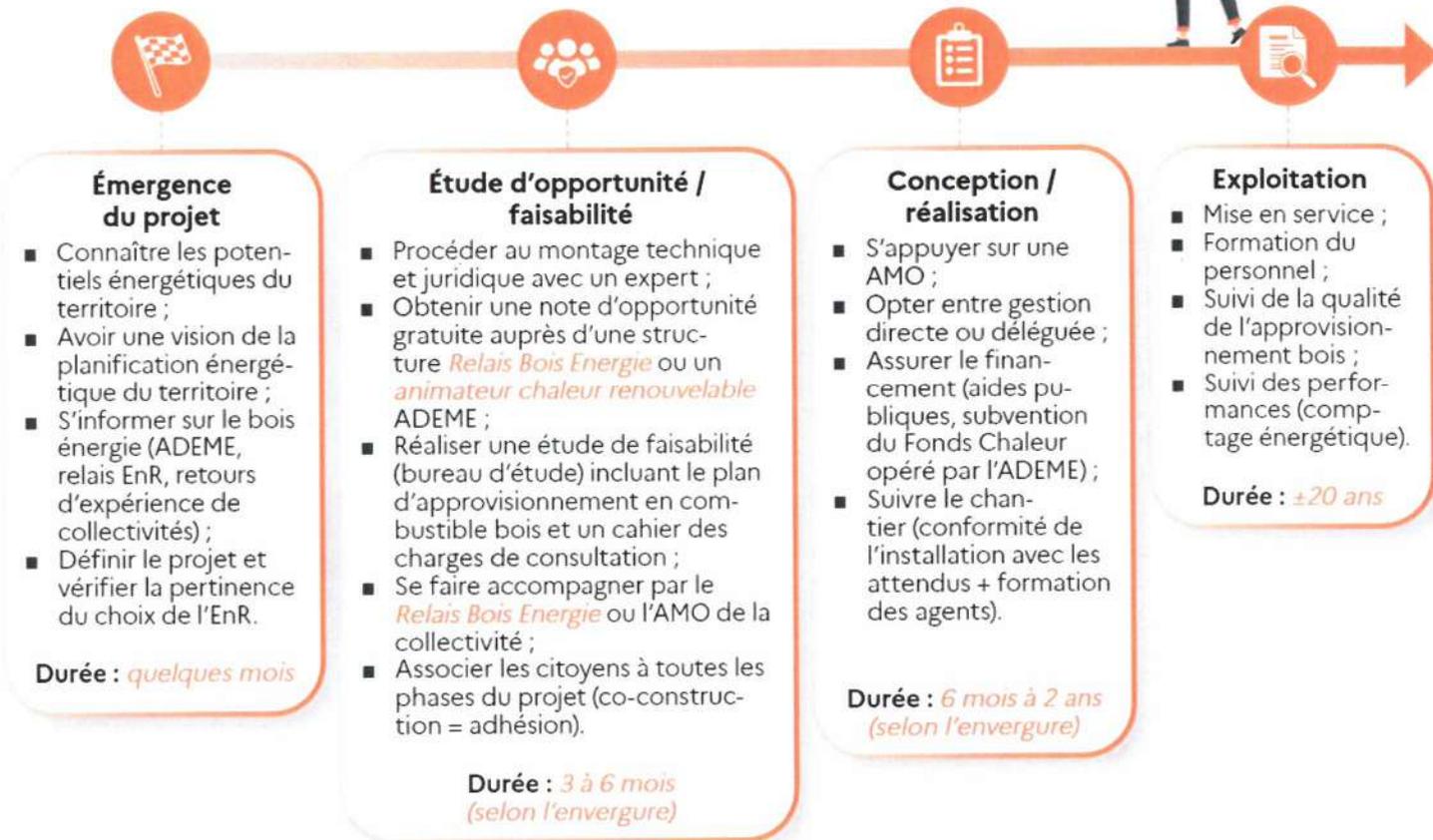
Bien s'entourer : Relais Bois Énergie, ADEME, AMO, Bureau d'études...

4 SE RENSEIGNER...

Retours d'expérience auprès d'autres collectivités et entreprises.

Grandes étapes de projet

Il faut compter plusieurs années pour faire aboutir un projet. Bien s'entourer à chaque étape est essentiel.



Des aides existent pour vous aider à chacune de ces étapes, dont le Fonds Chaleur (www.fondschaleur.ademe.fr) géré par l'ADEME depuis 2009, participe au développement de la production de chaleur et de froid renouvelables en mobilisant des sources renouvelables locales.



Chiffres clés

Parc collectif / industriel installé	± 7150 chaufferies bois (> 50 kW)
Parc domestique installé	7,2 M d'appareils (objectif PPE : 10 à 11 millions à horizon 2028)
Coût de revient pour une chaufferie biomasse	60 - 96 €/MWh (installations < 1 MW) 51 - 89 €/MWh (installations > 1 MW)
Coût de revient de la chaleur chauffage domestique au bois	66 - 129 €/MWh (poêle bûches) 119 - 150 €/MWh (poêle granulés)

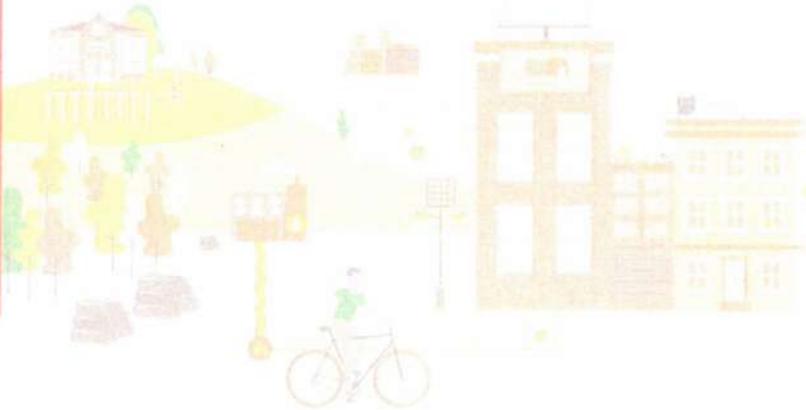
Ressources

Approfondissez votre réflexion et passez à l'action avec des témoignages, méthodes, chiffres clés...





**ÉNERGIES RENOUVELABLES : LA GÉOTHERMIE PROFONDE
RÉUSSIR LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE DE MON TERRITOIRE**



ENR&R [012221]- GÉOTHERMIE DE SURFACE [012221-1]- RÉCUPÉRATION DE CHALEUR [012221-2]- BOIS ÉNERGIE [012221-3]- **GÉOTHERMIE PROFONDE [012221-4]**- SOLAIRE THERMIQUE [012221-5]- PHOTOVOLTAÏQUE [012221-6]- ÉOLIEN TERRESTRE [012221-7]- RÉSEAU DE CHALEUR [012221-8]- MÉTHANISATION [012221-9]

Les communes sont des acteurs essentiels à la mise en œuvre de la loi relative à l'accélération de la production d'énergies renouvelables. Elles ont un rôle majeur à jouer dans le développement de ces filières nécessaires à la lutte contre le changement climatique et au renforcement de notre souveraineté énergétique. Ce jeu de fiches présente la diversité des énergies renouvelables à développer, leurs intérêts et les enjeux. Elles visent à contribuer aux débats et à la mise en œuvre des objectifs de planification.

**La géothermie profonde,
comment ça marche ?**

On appelle géothermie profonde l'exploitation de l'énergie contenue dans le sous-sol. Située à des profondeurs comprises entre 200 et 2 500 m de profondeur, l'eau présente dans des aquifères profonds est captée par forages et sert de vecteur pour transférer la chaleur des profondeurs vers la surface.



Production 2020

2 TWh

soit 0,58 % du mix de production d'énergies d'origines renouvelables.

Objectifs de consommation

Objectif de la Planification Pluriannuelle de l'Énergie (PPE) pour la métropole à horizon 2028 (production finale) :

+100 % (par rapport à 2022)



Émissions de CO₂ sur le cycle de vie

10 g CO₂/kWh_{th}¹

Coût du MWh produit

15 - 55 € ht
(coût moyen²)



38 € ht (coût médian en sortie de centrale de production)



Emprise au sol
(surface artificialisée)

0,01 à 0,02 ha / MWh_{th}

Emplois

2 210

ETP (fin 2020)³



1. ADEME, projet EGS Alsace.

2. Étude ADEME de 2020 relative aux coûts de la chaleur renouvelable en France.

3. ADEME : Étude marchés et emplois concourant à la transition énergétique dans le secteur des énergies renouvelables et de récupération - Septembre 2022.

? De quoi parle-t-on ?

La géothermie profonde consiste à utiliser la chaleur d'eau puisée dans les aquifères entre 500 et 2 500 m de profondeur pour la transférer à des réseaux de chaleur à fin de chauffage. À grande profondeur, l'eau est en effet très chaude. Et sa chaleur augmente avec la profondeur. Dans la nappe située sous Paris et une partie de la région parisienne, la température à 1 000 m est de l'ordre de 45° C. Et sur certains forages plus profonds, cette température peut atteindre 90° C.

Une installation type de géothermie profonde est couplée à un réseau de chaleur. Elle est constituée d'un doublet de forages :

- Un premier forage producteur puise le fluide géothermique dans l'aquifère ;
- Un second forage de réinjection rejette dans l'aquifère d'origine du fluide géothermique refroidi après exploitation en surface de son contenu énergétique.

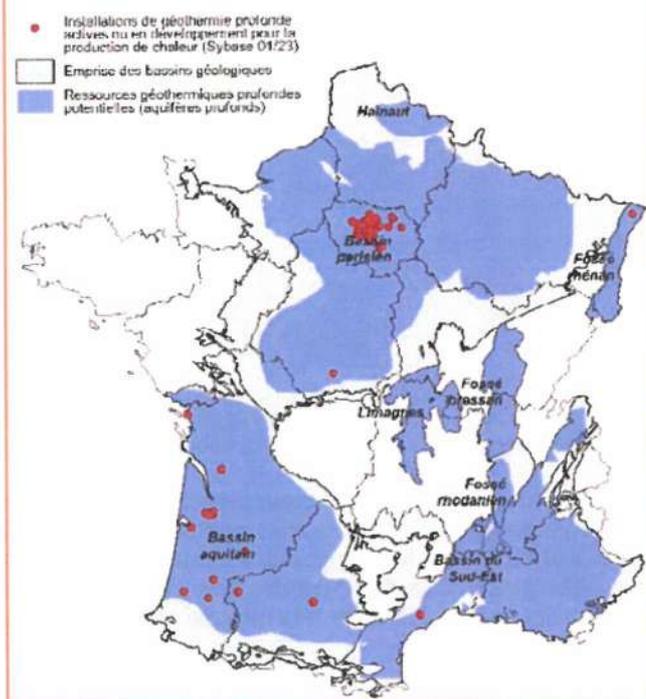
Le doublet est connecté à un échangeur qui transfère la chaleur du fluide géothermique à l'eau du réseau de chaleur qui alimente des unités de chauffage urbain (taille moyenne = 5 000 à 6 000 équivalent-logements), le chauffage de serres, de piscines, d'établissements thermaux, de bâtiments communaux, l'aquaculture ou encore le séchage de produits agricoles.

La géothermie est une énergie qui se consomme localement. Elle ne nécessite pas de transport de combustibles (fossiles ou biomasse) par camions jusqu'au site de production et limite ainsi les nuisances (émissions polluantes, trafic, accidents, etc.). Elle est aussi celle qui mobilise le moins de terrain en surface, rapporté au MW installé. Ses installations (forage, réseau de chaleur) sont en effet toutes enterrées à l'exception de la chaufferie d'appoint.

Les autres nuisances, notamment sonores, sont limitées au chantier de forage dont la durée s'étale sur 3 à 4 mois, 24 h/24 (pour un chantier type de forages profonds en région Île-de-France).

Moyennant un entretien régulier des puits et des équipements, la durée de vie d'une installation est d'une trentaine d'années. À l'issue de cette période, les puits sont rebouchés et, si la ressource géothermique est toujours exploitable, de nouveaux puits peuvent alors être forés.

Carte des ressources géothermiques profondes en France (source : BRGM)



On estime que 30 % du territoire français pourrait exploiter cette ressource pour le chauffage urbain, en particulier les bassins parisiens, aquitains et sud-est, les fossés Bressan, Rhénan et Rhodanien, ainsi que la Limagne. (cf. carte ci-dessus).

Enjeux et perspectives

La France dispose d'une longue et riche expérience en matière de géothermie profonde, aujourd'hui reconnue à l'international. Pour des raisons historiques, cette énergie renouvelable s'est jusqu'à présent surtout développée en région Île-de-France.

L'enjeu est de poursuivre le déploiement de nouvelles installations dans cette région et d'inciter collectivités locales et opérateurs énergétiques à initier de nouveaux projets dans d'autres régions où cette filière est moins connue et peu développée, malgré ses atouts.

Pour accélérer le développement de la géothermie de surface et profonde, le Gouvernement (avec l'ADEME) a élaboré un plan d'action national comprenant des mesures visant à :

- Améliorer l'accompagnement technique et financier des porteurs de projet ;
- Améliorer notre connaissance du sous-sol pour aider la prise de décision ;
- Simplifier la réglementation pour faciliter et accélérer le montage des projets ;
- Sensibiliser les acteurs locaux notamment par la mise en place d'une animation géothermie régionale ;
- Structurer la filière et renforcer sa capacité de production et de forage ;
- Développer l'offre de formations en lien avec la géothermie de surface sur tous les maillons de la chaîne de valeur des opérations.



Quel intérêt pour mon territoire ?



EMPLOIS LOCAUX

Par les activités qu'elle génère, la géothermie profonde est une source indirecte de création d'emplois locaux, surtout lorsqu'elle est valorisée pour d'autres usages que le chauffage de bâtiments comme l'agroindustrie (séchage d'aliments), la pisciculture ou la balnéologie.



ÉQUITÉ SOCIALE

La géothermie profonde étant le plus souvent couplée à un réseau de chaleur, elle bénéficie aux nombreux usagers raccordés au réseau.

Si un projet de géothermie profonde nécessite un investissement initial important, le coût du MWh produit est parmi les moins élevés, et reste peu sensible à l'évolution du coût des énergies fossiles, contribuant ainsi à contenir la précarité énergétique.



ÉNERGIE LOCALE

La géothermie profonde est une énergie renouvelable et locale, qui se consomme sur place. Compte-tenu de son coût et de son impact environnemental limité, il convient de prioriser son usage dans les zones qui lui sont favorables.



Que puis-je faire en tant qu'élu.e ?

1

Créer des conditions favorables d'accompagnement (programmation, planification, animation et relais d'information) et/ou **mettre à disposition des outils d'aide à la décision** (schéma directeur énergies, cadastre géothermique, etc.).

2

En tant qu'autorité organisatrice du service public de distribution de la chaleur, **étudier le développement de réseaux** de chaleur et/ou de froid ou de boucle d'eau tempérée à énergie géothermique.

3

Bien s'entourer : animateur.rice régionale géothermie, chargés de mission chaleur renouvelable, ADEME, AMO, Bureau d'études, etc.

4

Valoriser les retours d'expérience auprès d'autres collectivités et entreprises.



Idées reçues et sujets de débat

SISMICITÉ :

Le sujet de débat qui revient le plus souvent concernant la géothermie profonde porte sur le risque de sismicité qui serait induit par la réalisation et l'exploitation.

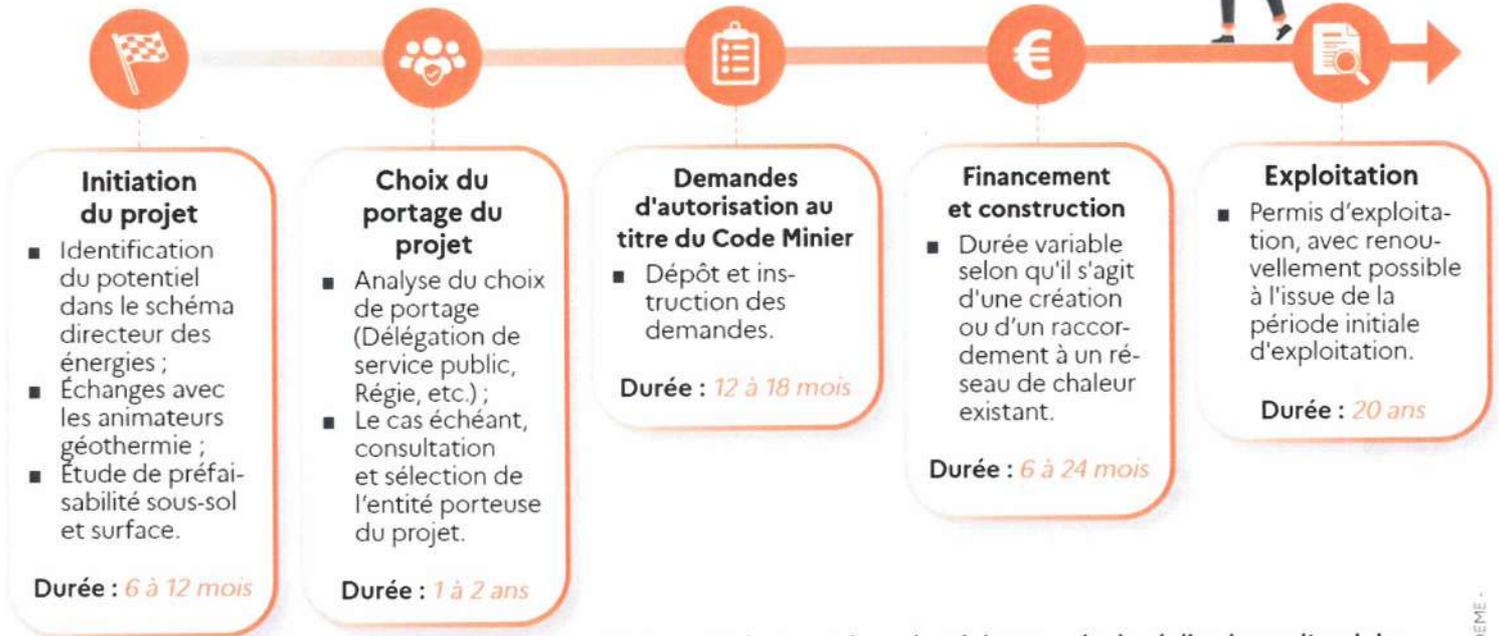
Ce risque est très faible et n'a jamais été observé en contexte sédimentaire, tel que la géothermie sur réseaux de chaleur se pratique en France.

Lorsqu'il existe, ce risque sismique concerne exclusivement des projets de géothermie profonde de type EGS (Enhanced Geothermal System ou « géothermie profonde des réservoirs fracturés ») avec des profondeurs de forages généralement supérieures à 3 km). Une seule opération française, menée au nord de Strasbourg, avait provoqué une sismicité ressentie en surface, en raison d'opérations de stimulation mal maîtrisées par l'opérateur. Un guide des bonnes pratiques pour la maîtrise de la sismicité induite par les opérations de géothermie a été publié récemment. Deux opérations implantées dans le nord de l'Alsace fonctionnent sans problème de sismicité et d'autres projets de co-production lithium/géothermie sont à l'étude.



Grandes étapes de projet

La réalisation d'un projet de géothermie profonde nécessite de respecter plusieurs étapes, notamment pour répondre aux questions d'ordre technologique, économique ou juridique. Des premières études jusqu'à la mise en service de l'installation, il faut compter plusieurs années pour faire aboutir un projet. Pour la collectivité porteuse de projet, bien s'entourer à chaque étape est essentiel.



Réglementairement, le code minier encadre la réalisation et l'exploitation d'un projet de géothermie profonde. L'instruction des dossiers est assurée localement par la DREAL (Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement). Cette réglementation suppose l'octroi par l'administration de différents titres miniers : permis exclusif de recherche, demande d'autorisation d'ouverture de travaux miniers, autorisation d'exploitation. Ils sont accordés sur la base de dossiers que le porteur du projet (la collectivité ou son délégataire) doit constituer.

Chiffres clés

Installations en services	Nombre de français chauffés	Coût d'investissement (installation avec 2 puits, hors réseau)	Temps moyen de développement d'un projet	Durée de vie moyenne d'une installation
80	> 700 000	11 à 16 M€	4 à 6 ans	30 ans



Ressources

Approfondissez votre réflexion et passez à l'action avec des témoignages, méthodes, chiffres clés...





CLÉS POUR AGIR

**ÉNERGIES RENOUVELABLES : LE SOLAIRE THERMIQUE
RÉUSSIR LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE DE MON TERRITOIRE**



ENR&R [012221] - GÉOTHERMIE DE SURFACE [012221-1] - RÉCUPÉRATION DE CHALEUR [012221-2] - BOIS ÉNERGIE [012221-3] - GÉOTHERMIE PROFONDE [012221-4] - SOLAIRE THERMIQUE [012221-5] - PHOTOVOLTAÏQUE [012221-6] - ÉOLIEN TERRESTRE [012221-7] - RÉSEAU DE CHALEUR [012221-8] - MÉTHANISATION [012221-9]

Les communes sont des acteurs essentiels à la mise en œuvre de la loi relative à l'accélération de la production d'énergies renouvelables. Elles ont un rôle majeur à jouer dans le développement de ces filières nécessaires à la lutte contre le changement climatique et au renforcement de notre souveraineté énergétique. Ce jeu de fiches présente la diversité des énergies renouvelables à développer, leurs intérêts et les enjeux. Elles visent à contribuer aux débats et à la mise en œuvre des objectifs de planification.

Le solaire thermique, comment ça marche ?

Un panneau solaire thermique permet de convertir le rayonnement du soleil en énergie calorifique. Le fluide caloporteur qui circule à l'intérieur (mélange d'eau et d'antigel) est réchauffé et rejoint ensuite le ballon de stockage pour transférer sa chaleur.

Le panneau solaire thermique doit être distingué du panneau photovoltaïque qui permet de produire de l'électricité.



Production 2021
(France métropolitaine)
1,3 TWh
(+4 % par rapport à 2020).

Objectifs de consommation

Objectif de la Planification Pluriannuelle de l'Énergie (PPE) pour la métropole à horizon 2028 (consommation finale) :

1,85 à 2,5 TWh

Objectif outre-mer à horizon 2028 (consommation finale) :

+615,4 GWh (par rapport à 2015)



Émissions de CO₂
(installation sud de la France)

8 g CO₂/kWh (capteur seul)
60 g CO₂/kWh (avec stockage)

Coût du MWh produit

135 - 200 € HT
(en toiture : collectif + tertiaire)

57- 106 € HT
(au sol : collectif + industrie)

Emprise au sol (centrales au sol)

0,33 à 0,5 ha / MW

Emplois

2 520
ETP (fin 2020)



De quoi parle-t-on ?

Les panneaux solaires thermiques permettent de produire de la chaleur qui peut être valorisée pour différentes applications : la production d'eau chaude sanitaire (ECS), le chauffage de bâtiments, la fourniture de chaleur pour l'industrie et l'agriculture, l'alimentation de réseaux de chaleur.

Les panneaux solaires thermiques sont généralement installés en toiture ou en ombrières sur les bâtiments. Pour des projets de plus grande taille, ils peuvent être placés au sol et constituer un champ solaire.

Dans le cas d'une alimentation d'un réseau de chaleur, la chaleur est collectée au travers des capteurs solaires puis transportée par un fluide caloporteur dans un circuit hydraulique, comportant généralement un ou plusieurs ballons de stockage. Cette production thermique permet de diversifier le mix énergétique des réseaux de chaleur et peut être complémentaire d'une production de chaleur par biomasse ou géothermie.

Schéma d'un panneau solaire thermique

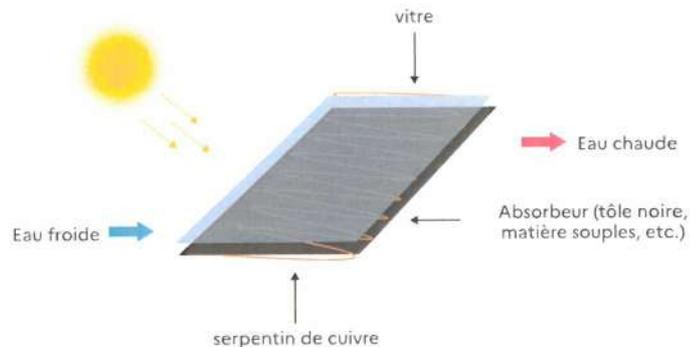
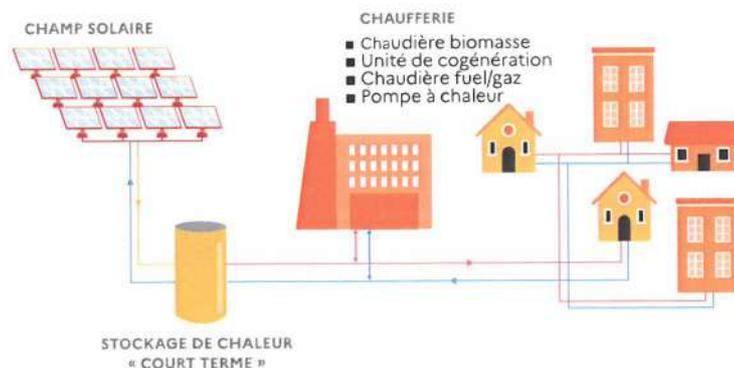


Schéma d'une installation solaire thermique sur un réseau de chaleur urbain



Enjeux et perspectives

Disponible partout en France, la chaleur solaire est une solution fiable et performante qui peut fournir une part importante des besoins d'eau chaude sanitaire tout en garantissant une stabilité à long terme du coût de la chaleur.

Le potentiel de développement et d'utilisation du solaire thermique est significatif. Dans l'industrie, 30 % de l'énergie finale consommée pour des températures de moins de 200°C seraient ainsi compatibles avec un système solaire thermique. Et pour alimenter les réseaux de chaleur, les dimensionnements les plus courants des installations permettent de couvrir environ 80 % des besoins de chaleur en période estivale, essentiellement d'eau chaude sanitaire.

Correctement dimensionnés et bien entretenus, les capteurs solaires thermiques certifiés peuvent durer de 20 à 30 ans, et leur mise en œuvre ainsi que leur maintenance favorisent l'emploi local.

Sur le volet environnemental, l'impact carbone d'un kWh de production solaire thermique figure parmi les plus faibles des technologies de production de chaleur :

- 8 g CO₂/kWh pour le capteur seul ;
- 60 g CO₂/kWh si on y inclut le dispositif de stockage associé (et cette valeur décroît avec la taille de l'installation).

Sur la période 2018-2020, le marché du bâtiment neuf représentait environ 80 % des installations de solaire thermique collectif. Le coût d'installation au m² (hors grandes installations) varie de 700 à 900 € selon la taille des installations et la prise en compte de l'appoint et du stockage.

Malgré son potentiel et les mécanismes de soutien public pour accompagner son développement (*Ma Prime Renov'*, *Fonds chaleur*, réglementation thermique, etc.), le marché français du solaire thermique a connu une décennie de décroissance entre 2008 et 2017. Les efforts de relance de la filière engagés depuis 2018 se sont concentrés autour d'une amélioration de la qualité des installations et de la qualification de nouveaux acteurs.

Deux modèles économiques sont aujourd'hui utilisés pour le financement de projets solaires thermiques : l'investissement en propre ou le tiers investisseur. Dans ce dernier cas, la conception de l'installation, le financement du matériel et des travaux, la construction et la gestion opérationnelle de l'installation sont portés par un tiers-investisseur pour le compte de son client (industriel, collectivité, bailleur). Le client final signe avec ce tiers investisseur un contrat d'achat de la chaleur à un tarif et sur une période donnée.



Quel intérêt pour mon territoire ?



ÉNERGIE LOCALE ET USAGES MULTIPLES

Le solaire thermique est une énergie renouvelable locale et accessible partout. L'usage de sa production est multiple (ECS, chauffage) que ce soit pour des bâtiments collectifs ou tertiaires, ainsi que pour le secteur industriel.



EMPLOIS LOCAUX

Les projets de solaire thermique contribuent au développement de filières d'emplois spécifiques et non délocalisables liés notamment à la conception, la mise en œuvre et à la maintenance des installations.



AUTOCONSOMMATION / SÉCURISATION DU COÛT DE LA CHALEUR CONSOMMÉE

La chaleur produite à fin d'eau chaude sanitaire ou de chauffage est directement consommée à proximité de l'installation (au sein de bâtiments collectifs ou tertiaire) ou par un industriel. Elle permet de réduire la facture énergétique - notamment lorsqu'elle vient se substituer au gaz - et contribue à sécuriser dans le temps le coût de la chaleur.



Que puis-je faire en tant qu'élu.e ?

1

ÉVALUER & DIMENSIONNER...

S'interroger sur l'intérêt d'installer du solaire thermique : évaluer les besoins en chaleur actuels et futurs de la collectivité (ECS et chauffage, pour les bâtiments communaux, les réseaux de chaleur, les industriels à proximité...).

2

S'ENTOURER...

Faire appel à des professionnels qualifiés tout au long du projet (bureau d'étude RGE 20.10 et 20.14, Installateur Qualisol, Exploitant formé SOCOL exploitant).

3

S'ENGAGER...

Donner l'exemple en permettant la réalisation de projets sur un ou des bâtiments publics.

4

AGIR AVEC MÉTHODE...

Respecter la chronologie de projet (étude de faisabilité > conception et mise en œuvre > mise en service > suivi/maintenance) : le fonctionnement optimal dans le temps de l'installation nécessite une étape de dimensionnement précise et un suivi régulier.



Idées reçues et sujets de débat

USAGES DU SOLAIRE THERMIQUE :

- En 2020, les installations de solaire thermique contribuaient :
- à la production d'ECS (71 % des m² installés) ;
 - à la production de chaleur pour des process industriels (25 %) ;
 - au chauffage de bâtiments (3 %) ;
 - à l'alimentation de réseaux de chaleur (1 % - part marginale qui devrait augmenter avec le temps).

LOCALISATION DES INSTALLATIONS :

Le solaire thermique n'est pas uniquement réservé aux régions du sud de la France. L'ensemble du territoire peut accueillir des installations solaires thermiques avec des niveaux de productivité suffisants.

PRODUCTION DES CAPTEURS :

La majorité des capteurs solaires thermique installées en France proviennent d'Europe. De nombreux fabricants européens (autrichiens, allemands, espagnols, français) fournissent l'essentiel du marché européen en solaire thermique.



Grandes étapes de projet



Le process se déroule en 4 étapes :



À travers le dispositif du Fonds Chaleur, l'ADEME propose des aides pour financer l'étude de faisabilité et de conception/mise en œuvre de la solution thermique. Les acteurs de la filière (SOCOL) ont également développé une série de recommandations, guides et outils

permettant aux commanditaires de s'assurer du bon déroulement d'un projet en solaire thermique collectif, étape par étape. Parmi les recommandations : la mise en œuvre d'une démarche de commissionnement dès la conception du projet.

Chiffres clés

Indicateurs énergétiques ⚡		Indicateurs économiques €	
Installations en services (en 2021)	3 646 400 m²	Durée de vie d'une installation	20 à 30 ans
Surfaces installées annuellement (en 2021)	136 520 m²	Temps moyen de développement d'un projet	1 à 2 ans (petites et moyennes installations)
Couverture des besoins de chaleur	jusqu'à 80 % des besoins (en période estivale)		3 à 5 ans (grandes installations)

Ressources

Approfondissez votre réflexion et passez à l'action avec des témoignages, méthodes, chiffres clés...





CLÉS POUR AGIR

ÉNERGIES RENOUVELABLES : LE PHOTOVOLTAÏQUE
RÉUSSIR LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE DE MON TERRITOIRE



ENR&R [012221]- GÉOTHERMIE DE SURFACE [012221-1]- RÉCUPÉRATION DE CHALEUR [012221-2]- BOIS ÉNERGIE [012221-3]- GÉOTHERMIE PROFONDE [012221-4]- SOLAIRE THERMIQUE [012221-5]- **PHOTOVOLTAÏQUE [012221-6]**- ÉOLIEN TERRESTRE [012221-7]- RÉSEAU DE CHALEUR [012221-8]- MÉTHANISATION [012221-9]

Les communes sont des acteurs essentiels à la mise en œuvre de la loi relative à l'accélération de la production d'énergies renouvelables. Elles ont un rôle majeur à jouer dans le développement de ces filières nécessaires à la lutte contre le changement climatique et au renforcement de notre souveraineté énergétique. Ce jeu de fiches présente la diversité des énergies renouvelables à développer, leurs intérêts et les enjeux. Elles visent à contribuer aux débats et à la mise en œuvre des objectifs de planification.

**L'énergie photovoltaïque,
comment ça marche ?**

Les cellules photovoltaïques intégrées à des panneaux, pouvant être installés sur des bâtiments ou posés au sol, transforment le rayonnement solaire en électricité. L'électricité produite peut être utilisée sur place ou injectée dans le réseau de distribution électrique.



Capacité installée
(au 31/12/2022)

16,3 GW

source de 4,2 % de la consommation d'électricité en 2022

Objectifs de capacité

(Planification Pluriannuelle de l'Énergie - PPE pour la métropole à l'horizon 2028)

35,1 à 44 GW

soit plus de 30 % de la puissance totale installée en énergie renouvelable électrique à cette date.



Émissions de CO₂

Entre **23 et 44 g CO₂/kWh**

Coût du MWh produit

100 € /MWh

pour les installations sur grandes toitures > 500 kWc (coût complet moyen 2023)

110 € HT/MWh

pour les installations sur ombrières > 500 kWc (coût complet moyen 2023)



Emprise au sol

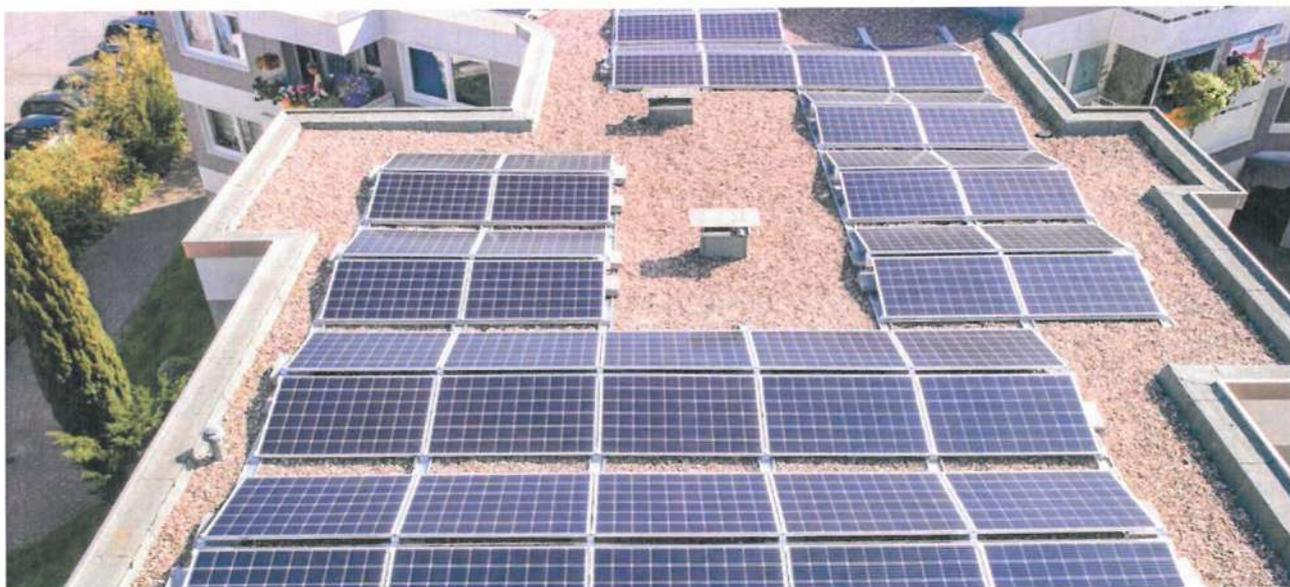
1 à 2 ha/MW

pour les centrales au sol

Emplois

12 160

fin 2020 (prévision de 15 610 ETP pour fin 2022)



Enjeux et perspectives

Le solaire photovoltaïque est aujourd'hui l'une des filières de production d'électricité renouvelable les plus compétitives. Elle présente l'avantage d'être rapidement déployable à grande échelle.

- **Au niveau international**, les nouvelles capacités installées annuellement devraient représenter 630 GW en 2030 (selon l'Agence internationale de l'énergie), contre 183 GW en 2021.
- **En Europe**, le plan REPowerEU publié en mai 2022 par la Commission européenne fixe l'objectif de doubler la capacité installée par rapport à 2020 et d'atteindre 600 GW d'ici 2030.
- **En France**, la Programmation pluriannuelle de l'énergie fixe un objectif de 35 à 44 GW d'ici 2028, ce qui nécessite de poursuivre l'accélération du rythme de développement des projets et de leur raccordement au réseau.

Quel intérêt pour mon territoire ?



REVENUS FISCAUX

La production d'électricité photovoltaïque apporte des revenus fiscaux aux collectivités.

- L'imposition forfaitaire sur les entreprises de réseaux (IFER) pour les installations d'une puissance supérieure à 100 kWc ;
- La taxe foncière sur les propriétés bâties (TFPB), pour les installations au sol ou en ombrière ;
- La contribution économique territoriale (CET) ;
- La taxe d'aménagement (TA) pour les installations au sol nécessitant une autorisation d'urbanisme.



ÉCONOMIE DE FACTURES

Pour les installations hors du soutien public et par l'intermédiaire d'un contrat d'achat direct d'électricité (ou PPA pour « Power Purchase Agreement ») passé entre la collectivité et un producteur d'électricité ou au sein d'une opération d'autoconsommation collective, la collectivité peut obtenir des tarifs d'électricité concurrentiels et stables sur le long terme.

Dans le cas d'une opération d'autoconsommation, la collectivité peut choisir d'autoconsommer une partie de sa production et de réinjecter le surplus sur le réseau public. Elle peut alors bénéficier d'un soutien public (obligation d'achat ou complément de rémunération en fonction de la taille du projet).

La collectivité peut également prendre part à la gouvernance d'un projet photovoltaïque sur son territoire (projet citoyen) et obtenir des retombées économiques provenant de la vente de l'électricité.



EMPLOIS LOCAUX

Ils contribuent au développement de filières d'emplois spécifiques et non délocalisables liés notamment à l'installation et à la maintenance.

? De quoi parle-t-on ?

L'EFFET PHOTOVOLTAÏQUE

La cellule photovoltaïque, élément de base des modules, est composée d'un matériau semi-conducteur photosensible (souvent du silicium) qui possède la propriété de convertir la lumière du soleil en électricité : c'est l'effet photovoltaïque. Chaque cellule ne générant qu'une petite quantité d'électricité, elles sont assemblées, protégées par différentes couches de matériaux afin de former un module photovoltaïque.

Dans une installation photovoltaïque, le courant continu produit par les modules photovoltaïques est ensuite transformé par un onduleur en courant alternatif afin d'alimenter le réseau public de distribution d'électricité.

Synoptique simplifié d'une installation photovoltaïque avec les différentes unités de puissance

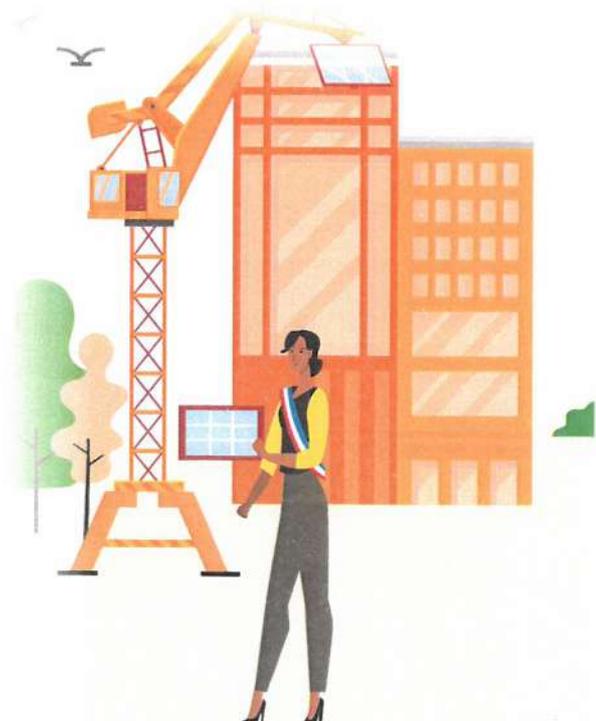


UNE TECHNOLOGIE MODULAIRE ET ADAPTABLE

Le photovoltaïque présente l'atout majeur d'exister sous différentes technologies et de pouvoir s'installer de manière variée sur plusieurs types de terrains ou de surfaces. Il peut ainsi s'installer de différentes façons sur l'enveloppe des bâtiments (toitures, façades, verrières, fenêtres, etc.), au sol, sur des ombrières de parking, bénéficier à des exploitations agricoles grâce à l'agrivoltaïsme, sur des structures flottantes, etc. Il existe une variété quasiment infinie d'installations possibles, pour des puissances allant de quelques kW à plusieurs MW.

Parmi les implantations les plus courantes :

- **Les toitures photovoltaïques**, dont le gisement disponible est considérable, avec plus de 350 GW identifiés en France. Elles permettent d'éviter les conflits d'usage et ne portent pas atteinte à la biodiversité.
- **Les centrales au sol**, que l'on privilégie sur les sols déjà artificialisés ou à faibles enjeux en termes de biodiversité (parkings, friches, délaissés routiers / autoroutiers / ferroviaires, etc.). Ces centrales doivent être développées dans le cadre d'un projet de territoire et en concertation avec toutes les parties prenantes pour permettre à chacun de s'approprier ces infrastructures.
- **Les ombrières de parkings**, utiles aux consommateurs et qui peuvent être couplées à des bornes de recharge pour véhicules électriques.
- **Les installations agrivoltaïques**, encore peu répandues mais en plein essor, qui doivent apporter un service à l'installation agricole. Ces installations sont une nouvelle voie de développement du photovoltaïque à condition qu'elles préservent les sols et l'agriculture.





Que puis-je faire en tant qu'élu.e ?



1

Contacter le réseau Les Générateurs de sa région. Mis en place en 2022, il apporte conseils et informations aux élus et communes pour le développement de projets photovoltaïques (en particulier durant la phase amont).

Contact : <https://lesgenerateurs.ademe.fr/>

2

Optimiser les retombées locales en encourageant les projets participatifs et/ou à gouvernance locale ou en impliquant directement la collectivité dans le développement des projets.

3

Encourager les installations sur bâtiment plus vertueuses d'un point de vue environnemental.

4

Planifier le développement des centrales au sol et prévenir les conflits d'usages en privilégiant des fonciers déjà artificialisés (terrains anthropisés, friches industrielles, etc.).

5

Préserver et protéger les sols agricoles en encourageant le développement des installations agrivoltaïques, en synergie avec l'activité agricole.

La loi d'accélération de la production d'énergies renouvelables...

...permet également d'encourager le développement du photovoltaïque sous toutes ses formes. Les obligations d'installation d'énergies renouvelables ou de végétalisation sur bâtiments et parkings ont été renforcées :

- **Bâtiments neufs** : la loi a élargi le périmètre d'application de cette obligation en diminuant le seuil d'emprise au sol à 500 m² et en y intégrant de nouvelles typologies de bâtiments.
- **Bâtiments existants** : la loi a introduit cette obligation pour les bâtiments existants correspondant aux mêmes typologies, avec le même seuil d'emprise au sol de 500 m².
- **Parkings extérieurs existants** : la loi a introduit cette obligation pour les parkings extérieurs existants de surface supérieure à 1500 m².

Des délais d'application sont prévus par la loi. Des dérogations sont également prévues en cas de contraintes techniques, de sécurité, architecturales, patrimoniales, environnementales, d'ordre paysager ou lorsque les travaux ne peuvent être réalisés dans des conditions économiquement acceptables.

La loi permet enfin d'encadrer le développement du photovoltaïque sur terrains agricoles, en distinguant le photovoltaïque au sol, devant être compatible avec une installation agricole et ne pouvant être installé que sur des terres incultes ou non exploitées depuis une durée minimale, et l'agrivoltaïsme, devant apporter un service à une activité agricole. La définition de ces différents concepts doit être précisée par décret.



Idées reçues et sujets de débat

VARIABILITÉ DE LA PRODUCTION :

Les outils de prévision permettent aujourd'hui de prédire la production photovoltaïque à court, moyen et long terme avec une précision similaire à celle des prévisions de la demande électrique du gestionnaire de réseau. Ainsi pris en compte, le photovoltaïque ne perturbe pas les opérations d'équilibrage du réseau. Bien sûr, avec un déploiement massif des énergies renouvelables électriques, cet équilibre deviendra plus difficile à tenir sans dispositions complémentaires.

Des études de l'ADEME sur la modélisation du réseau français métropolitain montrent néanmoins que le développement du photovoltaïque jusqu'à 20 GW réduit le besoin de flexibilité journalière au niveau national, car il permet de contribuer à couvrir la pointe de consommation méridienne. Au-delà, le développement des flexibilités (pilotage de la demande, réseaux intelligents, interconnexions, solutions de stockage, émergence de nouvelles solutions techniques alternatives, etc.) permettra de garantir l'équilibrage en temps réel de la demande et de la production massive des énergies électriques variables, telles que le photovoltaïque.



COÛT :

Les coûts des systèmes photovoltaïques et les coûts d'exploitation ont spectaculairement baissé au début de la décennie 2010. Le coût d'une installation a notamment été divisé par 10 en 10 ans.

BIODIVERSITÉ :

Comme pour toute activité humaine, les centrales photovoltaïques peuvent avoir des incidences sur la biodiversité et les sols lorsqu'elles sont implantées sur des milieux naturels. Elles peuvent notamment modifier les conditions d'accueil de la flore et de la faune sauvage et leurs corridors de migration.

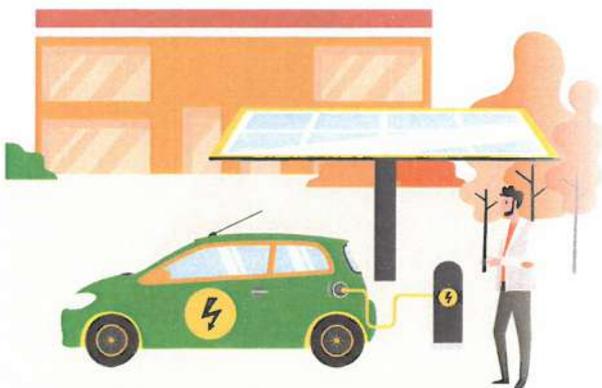
Néanmoins, l'impact des centrales photovoltaïques sur la biodiversité n'a fait l'objet de travaux scientifiques que sur un nombre limité de sites et il est encore difficile d'en généraliser les résultats. Il convient cependant de respecter la hiérarchie de la séquence ERC (« Éviter, Réduire, Compenser ») en donnant la priorité à l'évitement, puis à la réduction, la compensation ne venant qu'en dernier ressort.

TERRES RARES :

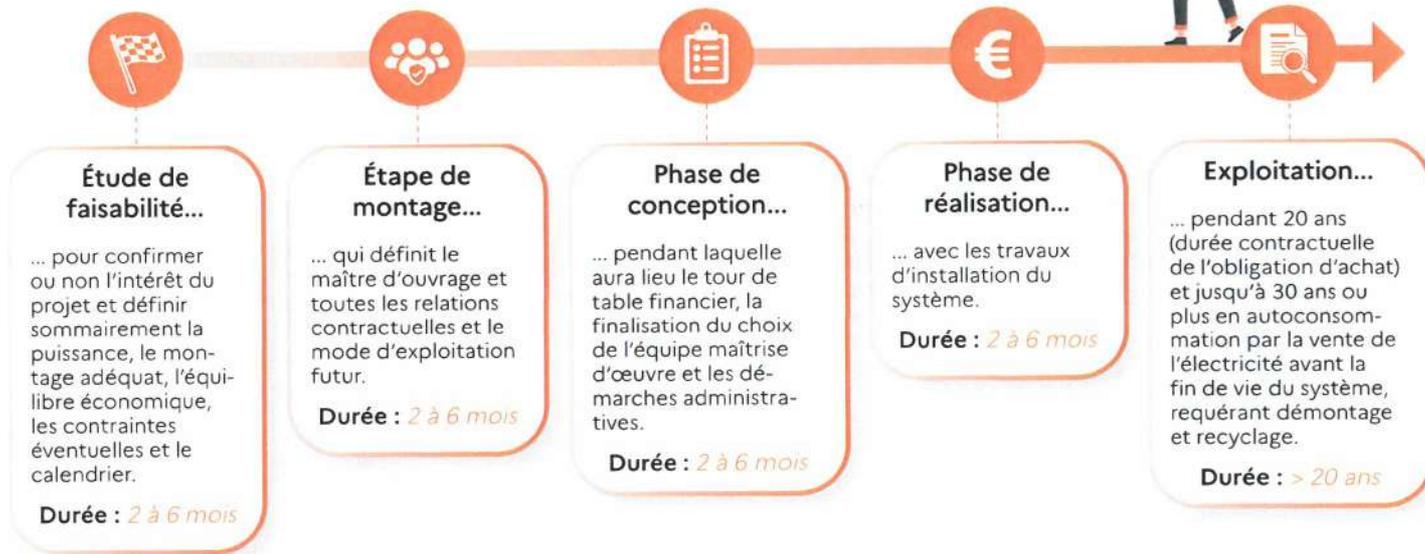
Les technologies solaires photovoltaïques actuellement commercialisées n'utilisent pas de terres rares. Certaines utilisent des métaux qui peuvent être critiques, comme le tellure, l'indium et l'argent pour les couches minces, ou l'antimoine et l'argent pour la filière silicium. Mais il ne s'agit pas de terres rares.

RECYCLAGE :

Les producteurs de modules photovoltaïques ont d'ores et déjà l'obligation de prévoir leur recyclage en application de la directive européenne sur les déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE). En France, la société SOREN est l'éco-organisme missionné par l'État pour la collecte et le traitement de ces modules en fin de vie. Les procédés actuels permettent de recycler plus de 95 % de la masse des systèmes photovoltaïques, notamment le verre et le cadre en aluminium. Les composants, non recyclables, sont valorisés énergétiquement ou éliminés.



Grandes étapes de projet



Il convient de noter que, plus la puissance du système photovoltaïque est importante, plus le métier de maître d'ouvrage nécessite des compétences spécialisées. Au-delà de 500 kW, le projet requiert normalement la création d'une société dédiée qui deviendra maître d'ouvrage de la construction et pourra faire appel à un développeur photovoltaïque, en capacité de concevoir, financer et construire le système photovoltaïque pour le compte de la société de projet.

Chiffres clés

Nombre de foyers alimentés par une centrale de 1 MW	Temps de développement d'un projet	Durée de vie moyenne des installations
250	6 mois (petits projets) à 18-24 mois (moyens et gros projets)	30 ans pour les modules 10 à 15 ans pour les onduleurs

Ressources
Approfondissez votre réflexion et passez à l'action avec des témoignages, méthodes, chiffres clés...





**ÉNERGIES RENOUVELABLES : L'ÉOLIEN TERRESTRE
RÉUSSIR LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE DE MON TERRITOIRE**

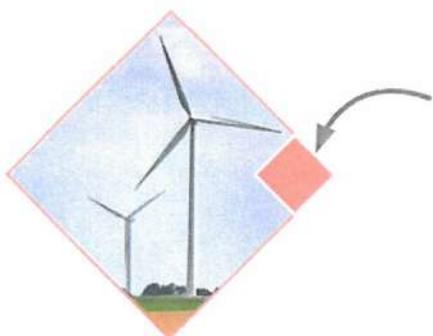


ENR&R [012221] - GEOTHERMIE DE SURFACE [012221-1] - RÉCUPÉRATION DE CHALEUR [012221-2] - BOIS ÉNERGIE [012221-3] - GEOTHERMIE PROFONDE [012221-4] - SOLAIRE THERMIQUE [012221-5] - PHOTOVOLTAÏQUE [012221-6] - **ÉOLIEN TERRESTRE [012221-7]** - RÉSEAU DE CHALEUR [012221-8] - MÉTHANISATION [012221-9]

Les communes sont des acteurs essentiels à la mise en œuvre de la loi relative à l'accélération de la production d'énergies renouvelables. Elles ont un rôle majeur à jouer dans le développement de ces filières nécessaires à la lutte contre le changement climatique et au renforcement de notre souveraineté énergétique. Ce jeu de fiches présente la diversité des énergies renouvelables à développer, leurs intérêts et les enjeux. Elles visent à contribuer aux débats et à la mise en œuvre des objectifs de planification.

**L'éolien terrestre,
comment ça marche ?**

Une éolienne transforme l'énergie mécanique du vent en électricité grâce à un générateur situé dans le rotor.



Capacité installée
(au 31/12/2022)

20,4 GW
répartis en plus de
9 000 éoliennes



Objectifs de capacité
(Planification Pluriannuelle de l'Énergie - PPE
pour la métropole à horizon 2028)

33,2 à 34,7 GW,
soit 30 % de la puissance totale installée
en énergie renouvelable électrique à cette date.



Émissions de CO₂

12,7 g CO₂/kW
(sur le cycle de vie)

93 %

du poids est totalement recyclable
(acier, béton, cuivre et aluminium)

Coût du MWh produit

66 €/MWh

pendant 20 ans (coût complet
moyen en 2022)

Inférieur à 55 €/MWh
(coût complet à horizon 2030)



Emprise au sol

0,12 à 0,19 ha/MW
(surface artificialisée)

Emplois

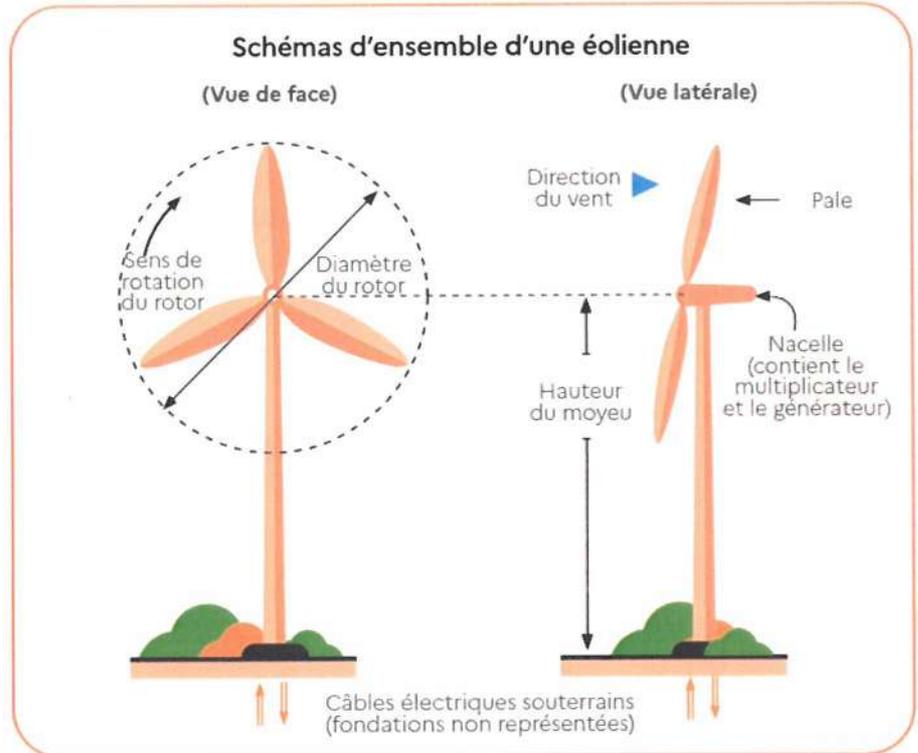
12 700
ETP directs



? De quoi parle-t-on ?

Les pales d'une éolienne captent la force du vent. Elles font tourner un axe - le rotor - qui se positionne toujours face au vent, à la vitesse de 10 à 25 tours par minute. L'énergie mécanique ainsi créée est transformée en énergie électrique par un générateur situé à l'intérieur de l'éolienne. Cette électricité est ensuite injectée dans le réseau électrique.

Une éolienne se caractérise par sa puissance nominale. En France, la plupart des éoliennes terrestres installées ont une puissance unitaire de 2 à 4,5 MW, pour un diamètre de rotor compris entre 75 et 150 m et une hauteur totale comprise entre 100 et 200 m.



🎯 Enjeux et perspectives

La filière éolienne constitue la seconde source de production d'électricité d'origine renouvelable en France (après l'hydraulique). Le taux de couverture moyen de la consommation électrique par la production éolienne est ainsi de 8,3 % en 2022.

Une majorité des projets sont mis en œuvre par des développeurs qui portent l'ensemble des étapes de réalisation d'un parc. Un projet éolien peut également être développé à l'initiative des citoyens et de la collectivité. Lors d'un portage conjoint entre développeur privé et collectif de citoyens et/ou collectivité, on parle de co-développement.

L'essor de la filière éolienne date du début des années 2000. Les premiers projets arrivant aujourd'hui au terme de leur durée d'exploitation, les exploitants peuvent alors mettre en œuvre du « repowering » (renouvellement des parcs éoliens). Cette opération consiste à remplacer les éoliennes existantes par des éoliennes plus récentes, qui peuvent être plus hautes et plus puissantes si la réglementation le permet. Le « repowering » est une opportunité qui permet de reconfigurer et optimiser un parc, en utilisant une infrastructure déjà intégrée dans le territoire.





Quel intérêt pour mon territoire ?



REVENUS FISCAUX

L'IFER (Imposition Forfaitaire des Entreprises de Réseaux) représente le montant le plus important versé par une société de projet éolien.

En 2023, il représente chaque année 8 160 € par MW installé, répartis entre le bloc communal et le département. Ces recettes fiscales permettent de financer des projets locaux : enfouissement de lignes électriques, rénovation de bâtiments communaux, création de maison médicale, entretien d'espaces naturels, etc.



EMPLOIS LOCAUX

Plus de 12 000 personnes travaillant en France dans le secteur éolien fin 2020, dont une part importante à proximité des parcs (construction et exploitation). L'éolien est une filière pourvoyeuse d'emplois dans des domaines et des qualifications variées : génie civil, génie électrique, maintenance, expertise technique.



ÉCONOMIES SUR LES FACTURES

Grâce à l'éolien terrestre implanté sur son territoire, la collectivité peut obtenir des tarifs d'électricité concurrentiels et stables sur le long terme pour les parcs hors du soutien public. C'est possible par l'intermédiaire d'un contrat d'achat direct d'électricité (PPA) passé entre la collectivité et un producteur d'électricité ou au sein d'une opération d'autoconsommation collective.

La collectivité peut également prendre part à la gouvernance d'un projet éolien sur son territoire (projet citoyen) et obtenir des retombées économiques provenant de la vente de l'électricité.



Que puis-je faire en tant qu'élu.e ?

1

S'INFORMER...

Contactez le réseau **Les Générateurs de sa région**. Mis en place en 2022, il apporte conseils et informations aux élus et communes pour le développement de projets éoliens (en particulier durant la phase amont).

Contact : <https://lesgenerateurs.ademe.fr/>

2

ÉVALUER...

Identifier les zones de développement potentielles sur la commune et informer les administrés (propriétaires-exploitants en particulier) qui peuvent être concernés par ce potentiel local.

3

CONCERTER...

Associer l'ensemble des parties prenantes (dont l'EPCI) aux décisions du Conseil municipal. L'élu est le garant du dialogue démocratique local : l'intérêt général doit être le fil conducteur de la concertation et de la prise de décision.

4

FINANCER...

Encourager au plus tôt l'ouverture du capital des projets et impulser une dynamique de co-développement (développeur, collectivité, citoyens) dans le montage, la gouvernance et/ou le financement du projet.

Contact : <https://energie-partagee.org/>

5

S'INFORMER...

Présenter aux porteurs de projet les enjeux environnementaux locaux connus (ou relevés par des experts ou citoyens) pour qu'ils soient considérés lors de l'élaboration de l'étude d'impacts. Pour anticiper les enjeux paysagers, un « plan de paysage » peut être réalisé par la commune (ou l'échelon territorial pertinent).

Grandes étapes de projet

Depuis 2011, les projets éoliens sont soumis au régime des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) :

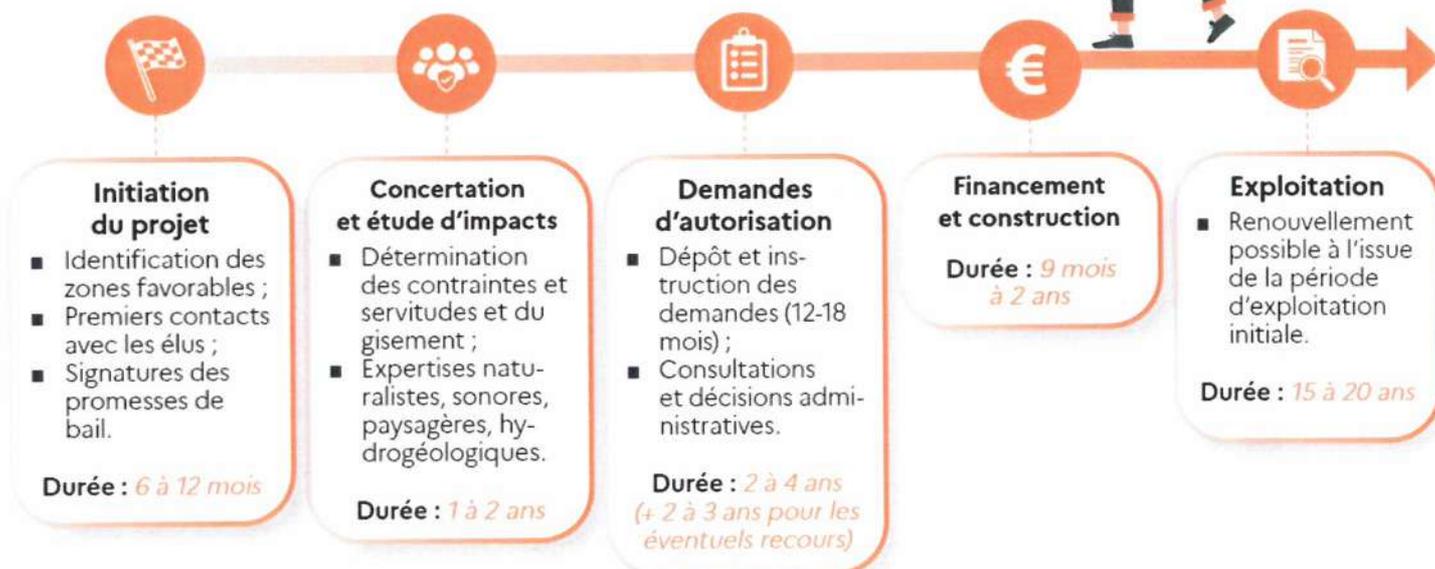
- ils doivent être distants au minimum de 500 m des habitations ;
- des études préalables sont obligatoires avant chaque projet ;
- un suivi environnemental doit être organisé.

L'étude d'impact et l'étude de dangers doivent évaluer les effets du projet sur l'environnement (impact paysager, impacts sur la biodiversité, bruit, etc.) et les impacts sur les riverains (enquête publique). L'enquête publique fait l'objet d'un rapport pris en compte dans l'instruction de la demande d'autorisation.

Avant le dépôt d'un dossier de demande d'autorisation, le développeur doit obligatoirement consulter le maire de la commune d'implantation du projet, et répondre formellement à ses observations en lui présentant les éventuelles évolutions du projet.

Après l'enquête publique, le préfet prend sa décision par voie d'arrêté préfectoral et peut fixer des prescriptions complémentaires et compensatoires (éloignement, niveau de bruit, contrôles réguliers, plantations d'écrans, etc.).

Les éventuels contentieux sont traités en premier et dernier ressort devant la Cour administrative d'appel.





Idées reçues et sujets de débat

COÛTS :

L'éolien terrestre en France est l'une des sources de production d'électricité aux coûts complets de production les plus faibles avec à 66 €/MWh en 2022, coûts de raccordement compris.

« TEMPS DE RETOUR ÉNERGÉTIQUE » :

Outre un contenu carbone faible, l'éolien terrestre a l'un des temps de retour énergétique parmi les plus courts. L'énergie nécessaire à la construction, l'exploitation et le démantèlement d'une éolienne est compensée par sa production d'électricité en 12 mois seulement.

VARIABILITÉ DE PRODUCTION :

En France, une éolienne tourne en moyenne entre 75 % et 95 % du temps : un ratio non négligeable. Le facteur de charge moyen (rapport entre la puissance moyenne effectivement délivrée et la puissance nominale installée) est de 23,5 %.

BRUIT :

Les éoliennes émettent un bruit de fond en basses fréquences (20 Hz à 100 Hz) en raison des vibrations mécaniques entre les composants de l'éolienne et du souffle du vent dans les pales. À 500 m (distance minimale entre une éolienne et une habitation), ce bruit est généralement inférieur à 35 décibels, soit celui d'une conversation à voix basse.

Les émissions sonores des éoliennes sont réglementées et contrôlées afin d'éviter toute nuisance à proximité des parcs : la réglementation prévoit des campagnes de mesure de bruit et autorise l'obligation de bridage en cas de dépassement.

BIODIVERSITÉ :

Les développeurs de projets sont tenus, lors de la définition de leur projet, de respecter la séquence « ERC » :

- « Éviter » au maximum les impacts (éviter des zones les plus impactantes) ;
- « Réduire » ceux qui ne peuvent être évités (hauteurs de garde au sol suffisantes et bridage des machines) ;
- « Compenser » les impacts résiduels (mesures dépendant des espèces et habitats concernés) ;

Il est également possible de moduler le fonctionnement des éoliennes lors des périodes de passages de certaines espèces (chiroptères, oiseaux migrateurs, etc.).

USAGE DES SOLS :

L'éolien terrestre n'entre pas en concurrence avec les activités agricoles. Les seules surfaces réservées ne permettant pas d'autre usage des sols se limitent aux fondations et aux aires de servitude (chemins d'accès, etc.).



PAYSAGES :

Comme toute installation industrielle, l'éolien impacte le paysage. C'est pour y répondre que l'étude d'impacts comprend systématiquement un volet relatif aux paysages. Sur ce sujet, il convient de veiller à la cohérence de l'échelle paysagère utilisée (commune, EPCI, Parc Naturel Régional, etc.) pour évaluer l'intégration du projet. L'enquête publique réalisée dans le cadre du développement des parcs est l'occasion de recueillir les avis des riverains sur ce sujet.

SANTÉ HUMAINE ET ANIMALE :

Les récents rapports de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) ne montrent « aucun dépassement des seuils d'audibilité (humaine) dans les domaines des infrasons et basses fréquences sonores ». Dans deux élevages étudiés, il précise qu'il est « hautement improbable voire exclu que la mise en place des éoliennes ait conduit à générer les troubles objectivés (mammites, qualité du lait, baisse de production de lait, troubles de reproduction dans les deux élevages, mortalités) ».

L'ANSES recommande de mener des études complémentaires, notamment épidémiologiques, pour éclairer davantage le débat.

VALEUR FONCIÈRE :

L'impact d'une éolienne sur la valeur foncière est comparable à celui d'autres infrastructures industrielles (pylônes électriques, antennes relais...). Une étude ADEME portant sur 1,5 million de transactions immobilières (2015-2020) montre une baisse des prix fonciers de -1,5 % dans un rayon de 5 km autour d'une éolienne, et aucun effet au-delà.



Cadre général des dispositifs de soutien à l'éolien

Pour favoriser leur développement, les parcs éoliens bénéficient de divers dispositifs de soutien public :

- Les guichets ouverts ouvrent un droit à bénéficier d'un soutien sans mise en concurrence préalable. Ce soutien est restreint aux projets de 6 machines de 3 MW unitaires maximum.
- Les procédures de mise en concurrence sous forme d'appels d'offres.

Le soutien est réalisé sous la forme d'un complément de rémunération, qui consiste à verser au producteur la différence entre un prix cible (tarif d'achat fixe sur la durée du contrat, soit 20 ans) et le prix du marché spot de l'électricité, lorsque cette différence est positive. Si cette différence est négative, le producteur la reverse à l'État.

Les projets doivent avoir obtenu leur autorisation environnementale pour pouvoir bénéficier du soutien public.



Chiffres clés

INDICATEURS ÉNERGÉTIQUES ⚡

Croissance prévue à horizon 2028 par rapport à 2022 (PPE en vigueur)	Équivalents logements alimentés (en considérant une consommation de 4 500 kWh/an/foyer)	Temps de développement du projet	Durée de vie moyenne des installations
+ 63 à + 70 %	1 200 équivalents logements alimentés par une éolienne de 3 MW	Supérieur à 5 ans	15-20 ans prolongeables grâce au repowering (remplacement des éoliennes)

INDICATEURS ÉCONOMIQUES €

Retombées économiques	
Part de la valeur ajoutée France en 2022	Part de la valeur ajoutée UE en 2022
Jusqu'à 100 % sur les phases de développement et mise en service. 14 % sur la fabrication.	94 % sur la phase de fabrication



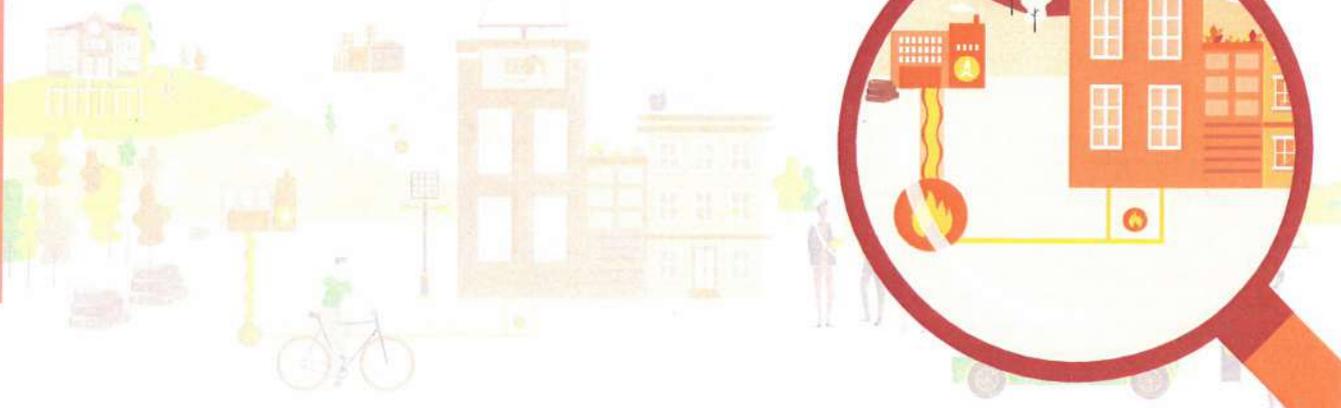
Ressources

Approfondissez votre réflexion et passez à l'action avec des témoignages, méthodes, chiffres clés...





**ÉNERGIES RENOUVELABLES : LES RÉSEAUX DE CHALEUR
RÉUSSIR LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE DE MON TERRITOIRE**

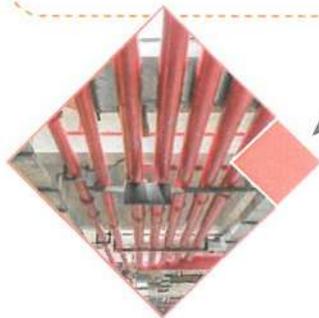


ENR&R [012221] - GÉOTHERMIE DE SURFACE [012221-1] - RÉCUPÉRATION DE CHALEUR [012221-2] - BOIS ÉNERGIE [012221-3] - GÉOTHERMIE PROFONDE [012221-4] - SOLAIRE THERMIQUE [012221-5] - PHOTOVOLTAÏQUE [012221-6] - ÉOLIEN TERRESTRE [012221-7] - **RÉSEAU DE CHALEUR [012221-8]** - MÉTHANISATION [012221-9]

Les communes sont des acteurs essentiels à la mise en œuvre de la loi relative à l'accélération de la production d'énergies renouvelables. Elles ont un rôle majeur à jouer dans le développement de ces filières nécessaires à la lutte contre le changement climatique et au renforcement de notre souveraineté énergétique. Ce jeu de fiches présente la diversité des énergies renouvelables à développer, leurs intérêts et les enjeux. Elles visent à contribuer aux débats et à la mise en œuvre des objectifs de planification.

Le réseau de chaleur, comment ça marche ?

Un réseau de chaleur est un système de distribution de chaleur produite de façon centralisée et desservant une pluralité d'usagers. Il comprend une ou plusieurs unités de production de chaleur, un réseau de distribution primaire dans lequel la chaleur est transportée par un fluide caloporteur, et un ensemble de sous-stations d'échange, à partir desquelles les bâtiments sont desservis par un réseau de distribution secondaire.



Production 2021

30 TWh

de chaleur distribuée (8,7% du mix de production d'énergies d'origines renouvelables).

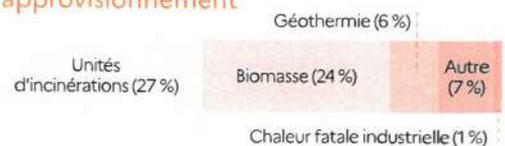
Objectifs de consommation

Objectif de la Planification Pluriannuelle de l'Énergie (PPE) pour la métropole à horizon 2028 (consommation finale) :

de 31 à 36 TWh
EnR&R distribués

Gaz (35%)

Principales sources d'approvisionnement



Émissions de CO₂ sur le cycle de vie

125 g/kWh

Coût du MWh produit

80 € ht/MWh

(prix moyen de la chaleur distribuée)



Emplois

3 450

ETP (1 590 pour travaux, 1 860 pour activité « distribution »)

? De quoi parle-t-on ?

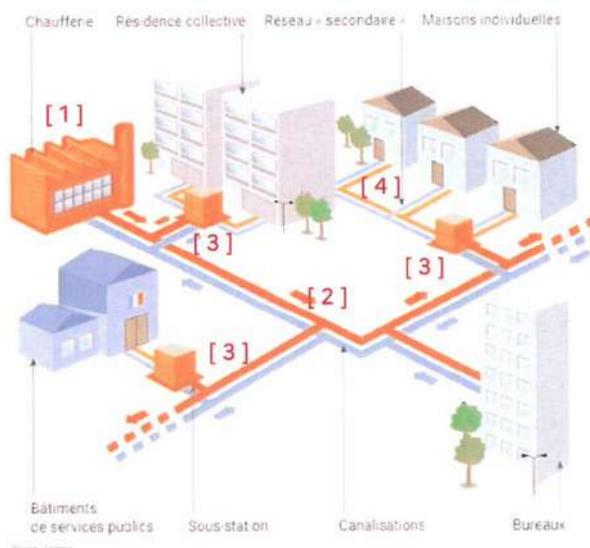
Les réseaux de chaleur alimentent des bâtiments à partir d'un ou plusieurs moyens de production de chaleur centralisés fonctionnant notamment à l'aide d'énergies renouvelables et de récupération (63 % de l'alimentation) :

- Biomasse ;
- Géothermie (profonde, de surface, sur eaux de mer, de lac ou usées...);
- Solaire thermique ;
- Chaleur fatale issue d'unités d'incinération de déchets, de sites industriels, de data center, etc.

Comme le montre le schéma ci-contre, la chaleur est produite dans une unité de production [1] et transportée à l'aide d'un fluide caloporteur qui circule dans un réseau dit « primaire » [2]. Au pied de chaque bâtiment, un système échangeur [3] fait passer la chaleur du réseau primaire vers un réseau dit « secondaire » [4] qui circule à l'intérieur du bâtiment et vient alimenter des radiateurs pour le chauffage ou les canalisations d'eau chaude sanitaire. Par extension, on associe aux « réseaux de chaleur » les réseaux de froid dédiés au rafraîchissement.

La majorité des réseaux distribue une eau à environ 100° C. En optimisant les besoins de chaleur des bâtiments raccordés (travaux d'efficacité énergétique), cette température peut être abaissée afin de consommer moins de ressources et de mobiliser un panel plus large de moyens de production : géothermie de surface, récupération de chaleur sur eaux usées ou data center, etc. Parmi les modèles efficaces qui ont fait leurs preuves dans les « écoquartiers » figurent ainsi ceux où une boucle d'eau tempérée entre 10 et 30° C est réchauffée au niveau des bâtiments via des pompes à chaleur.

Principes de fonctionnement d'un réseau de chaleur



La majorité des réseaux distribue une eau à environ 100° C. En optimisant les besoins de chaleur des bâtiments raccordés (travaux d'efficacité énergétique), cette température peut être abaissée afin de consommer moins de ressources et de mobiliser un panel plus large de moyens de production : géothermie de surface, récupération de chaleur sur eaux usées ou data center, etc. Parmi les modèles efficaces qui ont fait leurs preuves dans les « écoquartiers » figurent ainsi ceux où une boucle d'eau tempérée entre 10 et 30° C est réchauffée au niveau des bâtiments via des pompes à chaleur.

🎯 Enjeux et perspectives

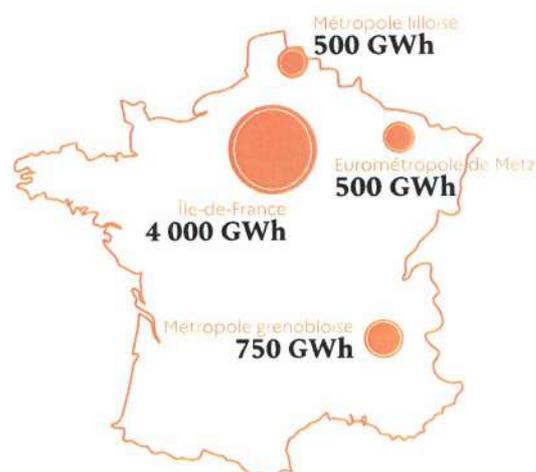
La dimension locale des énergies utilisées est un argument très fort en faveur du développement des réseaux de chaleur et de froid. Utiliser la chaleur produite par une usine et non exploitée jusqu'alors, des nappes géothermiques ou de la biomasse issue de sous-produits de l'activité économique concourt à s'approprier davantage les ressources et atouts de son territoire.

La loi sur la transition énergétique pour la croissance verte a fixé l'objectif de multiplier par cinq la quantité de chaleur et de froid renouvelables et de récupération livrée par les réseaux d'ici 2030 (référence 2012). Objectif : 39,5 TWh distribués, toutes sources confondues (EnR&R ou fossile). La PPE actuelle fixe un objectif de 31 à 36 TWh EnR&R distribués à horizon 2028.

Les réseaux de chaleur aujourd'hui déployés ont des dimensions très hétérogènes allant de quelques centaines de MWh délivrés par an, à plusieurs millions de MWh alimentant plus de 500 km de réseau (Île-de-France).

Les réseaux constituent également, en tant que tels, une infrastructure de transition énergétique de long terme structurante pour un quartier. Dans cette optique, la loi sur la transition énergétique pour la croissance verte a fixé l'objectif de multiplier par cinq la quantité de chaleur et de froid renouvelables et de récupération livrée par les réseaux d'ici 2030 (référence 2012), ce qui représente un objectif de 39,5 TWh distribués, toutes sources confondues (EnR&R ou fossile). La PPE actuelle fixe un objectif de 31 à 36 TWh EnR&R distribués à horizon 2028. Cet objectif sera révisé dans le cadre des travaux à venir sur la PPE.

Exemples de réseaux de grandes dimensions (GWh délivrés / an)





Quel intérêt pour mon territoire ?



ÉNERGIE LOCALE ET ÉQUITÉ SOCIALE

Les réseaux de chaleur se verdissent en se substituant essentiellement au gaz. En moyenne, la chaleur distribuée par les réseaux français est produite à 63 % par des EnR&R locales. Le prix des ressources EnR&R étant moins fluctuant que celui du gaz ou de l'électricité, les réseaux de chaleur constituent un moyen de donner de la visibilité aux abonnés, dont les bailleurs sociaux, pour mieux maîtriser leur budget. Autre atout, ces réseaux sont soumis à une TVA à 5,5 % dès lors que la chaleur est issue à plus de 50 % de ressources renouvelables. Un moyen de plus pour les collectivités locales de réduire la facture énergétique.



EMPLOIS LOCAUX

Les réseaux de chaleur et de froid contribuent à l'emploi local sur toute la chaîne de valeur, depuis l'installation jusqu'à l'exploitation. On estime à 3 500 le nombre d'ETP concernés. En outre, ces réseaux offrent des débouchés directs et de long-terme aux filières du gaz, de la biomasse, de la géothermie et toute autre moyen de production qui contribuent à son approvisionnement.



ÉCONOMIE DE FACTURE

Le prix des ressources EnR&R est moins fluctuant que celui du gaz ou de l'électricité. Les réseaux de chaleur constituent donc un moyen de donner de la visibilité aux abonnés pour mieux maîtriser leur budget « chauffage ». Autre atout, ces réseaux sont soumis à une TVA à 5,5 % dès lors que la chaleur est issue à plus de 50 % de ressources renouvelables. Un moyen de plus pour les collectivités locales de réduire la facture énergétique.



Que puis-je faire en tant qu'élu.e ?

1

Bien connaître les demandes de chaleur actuelle et future sur son territoire et les réglementations qui visent à les réduire (pour identifier et dimensionner au plus juste les moyens de production).

2

Caractériser les gisements de chaleur EnR et de récupération (gisements géothermiques, usines de valorisation des déchets, etc.) qui permettront d'alimenter le réseau.

3

Identifier le foncier disponible et les travaux d'infrastructures qui pourraient avoir un impact sur le déploiement du réseau (ex : passage de tramway).

4

Anticiper les projets de rénovation et de construction qui faciliteraient le raccordement à un réseau.

5

Valoriser l'opportunité économique pour les usagers, en plus des vertus environnementales.



Idées reçues et sujets de débat

ÉMISSIONS :

Les idées reçues sur les réseaux de chaleur concernent très souvent celles sur les moyens de production, notamment la biomasse : émissions de particules, approvisionnement...

GESTION DES SERVICES :

La part des EnR&R dans les réseaux de chaleur a doublé depuis 2009. Dépendants moins des énergies fossiles que d'autres vecteurs, les réseaux ont vu leur compétitivité se renforcer après la crise énergétique. Les demandes de raccordement se sont multipliées et la réponse des opérateurs n'a parfois pas satisfait certains demandeurs (délais, montant, etc.).

La création d'une Commission Consultative des Services Publics Locaux (CCSPL) dans les communes de plus de 10 000 habitants est un élément majeur de réponse à ces enjeux. Elle permet d'associer les citoyens à la gestion des services publics locaux.



Grandes étapes de projet



Le process se déroule en 4 étapes :



Cofinancement : ADEME, via le Fonds Chaleur

Soutien : TVA réduite

Dans certains périmètres dits de « développement prioritaire », la réglementation impose que tout bâtiment en construction ou en rénovation importante soit raccordé au réseau existant (dérogations possibles). Ce « classement automatique du réseau » nécessite encore davantage de pédagogie qu'auparavant et les décideurs locaux doivent aborder tout projet avec transparence et transversalité.

Pour accompagner les élus dans leur démarche, le réseau associatif et de bureaux d'études est vaste : AMORCE, CEREMA, FNCCR, CIBE (et la FEDENE pour les acteurs industriels ou bureaux d'études). L'Observatoire des réseaux de chaleur et de froid (<https://www.observatoire-des-reseaux.fr>) recense ces organisations.

Chiffres clés

Nombre de réseaux	± 900
Nombre de projets liés aux réseaux depuis 2009 (dont extensions)	1 190
Nombre de km de réseaux (dont déployés depuis 2009)	6 530 (3 280)
Nombre de bâtiments raccordés	44 945
Montant annuel des marchés construction - gestion - exploitation/maintenance des réseaux de chaleur	644 M€
Type de montage juridique	Régie, concession, affermage, Société d'Économie Mixte...



Ressources

Approfondissez votre réflexion et passez à l'action avec des témoignages, méthodes, chiffres clés...





CLÉS POUR AGIR

ÉNERGIES RENOUVELABLES : LA MÉTHANISATION
RÉUSSIR LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE DE MON TERRITOIRE



ENR&R [012221] - GÉOTHERMIE DE SURFACE [012221-1] - RÉCUPÉRATION DE CHALEUR [012221-2] - BOIS ÉNERGIE [012221-3] - GÉOTHERMIE PROFONDE [012221-4] - SOLAIRE THERMIQUE [012221-5] - PHOTOVOLTAÏQUE [012221-6] - ÉOLIEN TERRESTRE [012221-7] - RÉSEAU DE CHALEUR [012221-8] - **MÉTHANISATION [012221-9]**

Les communes sont des acteurs essentiels à la mise en œuvre de la loi relative à l'accélération de la production d'énergies renouvelables. Elles ont un rôle majeur à jouer dans le développement de ces filières nécessaires à la lutte contre le changement climatique et au renforcement de notre souveraineté énergétique. Ce jeu de fiches présente la diversité des énergies renouvelables à développer, leurs intérêts et les enjeux. Elles visent à contribuer aux débats et à la mise en œuvre des objectifs de planification.

**La méthanisation,
comment ça marche ?**

Le processus de méthanisation permet de produire un biogaz à partir de la fermentation de déjections d'animaux d'élevage, de sous-produits et résidus de cultures, de biodéchets, etc. Ce gaz est ensuite utilisé pour produire de l'énergie sous forme de biométhane, d'électricité, de chaleur ou encore de biocarburant pour faire fonctionner des véhicules.



Production 2021 de biogaz

11 TWh
soit 4,4 % du mix de production
d'énergies d'origines renouvelables.

Objectifs de production



Objectif de la Planification Pluriannuelle de l'Énergie (PPE)
pour la métropole à horizon 2028 (consommation finale de biogaz):

24 à 32 TWh / an



Émissions de CO₂

23 - 44 g eqCO₂/kWh

Coût du MWh
de biométhane produit

90 - 125 € HT/MWh
(en 2022)

60 - 80 € HT/MWh
(objectif PPE à horizon 2028)

Emprise moyenne au sol

1,1 ha en cogénération
2,2 ha pour l'injection

Emplois

4 420
ETP directs (2020)





De quoi parle-t-on ?

La méthanisation est un processus de production de biogaz par fermentation de matière organique en l'absence d'oxygène (anaérobie) et sous l'effet de la chaleur¹. C'est une **source d'énergie non-continue et stockable**.

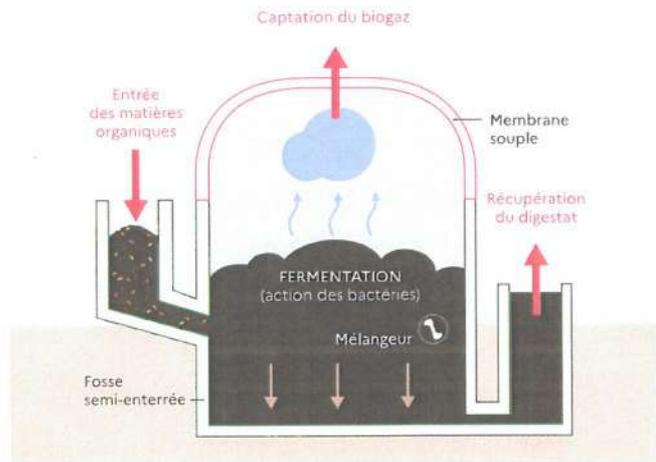
Le biogaz produit peut être valorisé de nombreuses manières, sur ou hors des exploitations :

- En biométhane injecté dans le réseau après purification ;
- Par cogénération : production simultanée de chaleur et d'électricité ;
- Par production de chaleur seule ;
- Par production de biocarburant bioGNV.

Il existe plusieurs types d'installations :

- **Les installations à la ferme**, qui représentent 68 % du parc. Elles permettent le traitement des effluents d'élevage, des déchets agricoles voire de biodéchets, ainsi qu'une diversification des activités des exploitations en produisant de l'énergie (électricité ou biométhane) ;
- **Les installations centralisées**, qui - en plus de la production énergétique - assurent le traitement des déchets organiques du territoire : biodéchets de la collectivité, déchets agricoles, déchets industriels... ;
- **Les industries agroalimentaires** qui traitent leurs propres effluents organiques pour autoconsommer le biogaz produit en chaleur dans leur process industriel ;
- **Les stations d'épuration urbaines** qui choisissent la méthanisation pour réduire la charge organique et le volume des boues. Le biogaz produit y est souvent autoconsommé mais les plus grandes unités optent de plus en plus souvent pour l'injection du biométhane produit ;
- Enfin, certaines collectivités développent un **modèle de méthanisation 100 % biodéchets des citoyens**, sous réserve d'un gisement suffisant.

Fonctionnement d'un méthaniseur en anaérobie à 38 °C



1. <https://bibliothèque.ademe.fr/cadic/6475/guide-pratique-methanisation-en-10-questions.pdf>



Enjeux et perspectives

La méthanisation est une énergie renouvelable dont le fonctionnement en économie circulaire est particulièrement lisible. Elle repose sur le traitement biologique d'une ressource locale, une valorisation énergétique locale et un retour au sol des digestats (résidus, ou déchets « digérés » après méthanisation des déchets organiques). Ces derniers peuvent être utilisés comme fertilisants en remplacement d'engrais minéraux. La méthanisation est ainsi un atout pour les territoires en réponse à leurs besoins tant énergétiques qu'agronomiques.

Elle est aussi la seule énergie renouvelable à avoir atteint ses objectifs PPE en 2022.

Dans les scénarios *Transitions 2050* de l'ADEME, la méthanisation pourrait injecter jusqu'à 110 TWh /an dans les réseaux et assurer ainsi 70 % du niveau de consommation de gaz, sous condition d'une réduction de la consommation

globale de gaz¹. Dans ce cadre, les gisements agricoles seraient à l'origine de 90 % du biogaz produit.

La majorité des projets mis en service ces dernières années ont d'ailleurs choisi de valoriser le biogaz produit en l'injectant sous forme de biométhane dans le réseau de gaz. La faisabilité économique des projets repose notamment sur les tarifs d'achat du biométhane, garantis par l'État sur une durée de 15 ans. Mais d'autres modèles alternatifs de contrats émergent, avec une mise en relation directe d'un producteur et d'un consommateur d'énergie.

Toutefois, la cogénération reste intéressante dès lors qu'il est possible de valoriser efficacement la chaleur produite. L'équilibre économique du projet peut alors être complété avec des aides à l'investissement, des prêts bancaires ou des financements participatifs.

1. Transitions 2050 : <https://www.ademe.fr/les-futurs-en-transition/>



Quel intérêt pour mon territoire ?



ÉNERGIE LOCALE & USAGES MULTIPLES

La production locale d'énergie renforce l'autonomie et la résilience énergétique du territoire. La méthanisation permet également de valoriser les déchets du territoire grâce au retour au sol du digestat, ce qui diminue également la consommation d'engrais minéraux sur le territoire.



EMPLOIS LOCAUX

La méthanisation maintient des emplois non-délocalisables par la diversification des activités agricoles, la gestion de l'installation ainsi que la valorisation des déchets et de l'énergie.



ÉQUITÉ SOCIALE

La méthanisation permet une production d'énergie non-intermittente, et pour laquelle le coût de production reste stable (contrairement aux énergies fossiles).



Idées reçues et sujets de débat

CONCURRENCE AVEC L'ALIMENTATION :

En France, l'utilisation en méthanisation de cultures principales est plafonnée à 15 % sur le plan réglementaire. La priorité est donnée aux effluents d'élevages, aux déchets et résidus agricoles et aux biodéchets.

ODEURS :

Le procédé de méthanisation produit peu d'odeurs en lui-même. Comme pour toute installation de traitement des déchets, l'attention doit être portée sur le transport et la manipulation, opérations émettrices d'odeurs.

TRAFIC ROUTIER :

L'installation d'un site de méthanisation implique le plus souvent une augmentation du trafic limitée en moyenne à 1 ou 2 passages de camions par jour. Le choix de la zone et du dimensionnement de l'installation doit être cohérent avec les infrastructures routières en place.

PAYSAGE :

L'impact des installations de méthanisation sur les paysages peut être largement limité par l'enfouissement partiel des infrastructures, le choix de l'emplacement du site et les aménagements.

APPROVISIONNEMENT :

Si les intrants des méthaniseurs sont principalement des effluents d'élevage et des biodéchets, les cultures intermédiaires et les résidus de cultures peuvent constituer un complément utile pour équilibrer les rations. Toutefois, le respect des conditions agro-environnementales de production est une priorité, en production végétale comme en élevage.

SÉCURITÉ DES SITES :

Comme pour toute installation gazière, la réglementation en matière de sécurité est stricte et fait l'objet de contrôles pour limiter les risques.



Que puis-je faire en tant qu'élu.e ?

1

COMMUNIQUER...

Mettre en place un plan de communication pour une meilleure intégration et acceptation locale.

2

CONCERTER...

Favoriser les démarches de gouvernance locale et/ou de financement participatif pour augmenter l'appropriation et les chances de réussite des projets (exemple : la collectivité peut s'associer dans un projet par participation au capital).

3

LOCALISER...

Intégrer la valorisation des biodéchets des collectivités en plus des déchets agricoles (retour au sol de la matière organique dans les exploitations agricoles, renforcement du sens des projets pour les citoyens).

4

IMPLANTER...

Identifier les ressources et le foncier appropriés.

5

VALORISER...

Consommer au sein de la collectivité l'énergie renouvelable produite : biométhane, électricité, chaleur et/ou bioGNV.

Grandes étapes de projet



Chiffres clés

Installations en services (01/2023)	1 494 installations en fonctionnement (hors ISDND - Installations de stockage de déchets non dangereux)
Capacités installées : injection	10 TWh/ an (dont bioGNV)
Capacités installées : cogénération	325 MWe
Capacités installées : production de chaleur	2,5 TWh / an
Temps de développement moyen d'un projet	3 à 5 ans
Durée de vie moyenne d'une installation	> 20 ans

Ressources

Approfondissez votre réflexion et passez à l'action avec des témoignages, méthodes, chiffres clés...

