

## 02 - Posters des filières énergies renouvelables

### Kit de concertation

01- Etat des lieux énergétique

02- Livret Paysage

#### **03-Posters des filières énergies renouvelables**

*Les posters à imprimer au format A3 présentent les différentes filières d'énergies renouvelables, leur potentiel respectif sur le territoire de l'EPCI et les objectifs fixés aux différents échelons géographiques (France, Région, EPCI). Généralement disponible sur deux pages par filière, le photovoltaïque est présenté sur 3 pages tandis que l'éolien, l'hydroélectricité, la chaleur fatale sont sur une seule page. Ces posters peuvent être affichés en mairie, dans les écoles et tous les lieux publics.*

04- Document de saisie des zones d'accélération (ZAER)

05- Grille de critères d'évaluation des ZAER (document Excel)

06- Modalité de concertation du public

07- Publiédactionnel

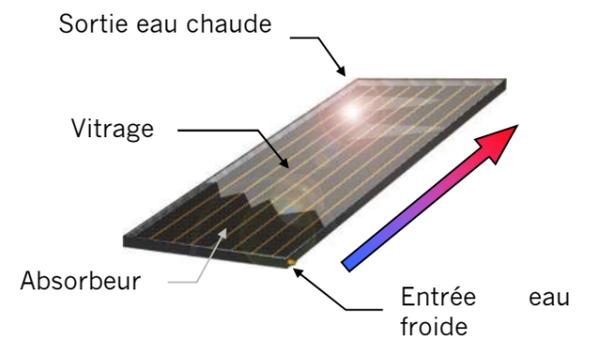
# L'ENERGIE SOLAIRE THERMIQUE



## Production de chaleur

Les systèmes solaires thermiques convertissent l'énergie contenue dans les rayons du soleil en chaleur. Les capteurs solaires de type plan sont les plus couramment utilisés. Ils se composent d'un absorbeur situé dans un coffrage isolé en face arrière et constitué d'un vitrage en face avant. Cet absorbeur possède une couche sélective qui augmente la captation de l'énergie solaire tout en limitant les pertes par rayonnement. Le vitrage quant à lui évite le refroidissement de l'absorbeur par le vent et crée un effet de serre qui augmente le rendement du capteur. L'isolation à l'arrière du capteur diminue les pertes de chaleur.

C'est à la surface de l'absorbeur que le rayonnement solaire est converti en chaleur. Un liquide caloporteur circule dans l'absorbeur et vient transmettre sa chaleur via un échangeur à l'eau sanitaire. De ce fait, le circuit solaire est totalement indépendant du circuit consommateur.



## De nombreux usages

L'énergie solaire thermique trouve de nombreuses applications :

- le chauffage de l'eau chaude sanitaire (logements, secteur tertiaire et agriculture),
- le chauffage des maisons,
- le chauffage des piscines,
- les centrales solaires thermiques pour des réseaux de chaleur ou des usages industriels.

Il est toujours nécessaire de recourir à un appoint, l'énergie solaire ne pouvant pas couvrir l'intégralité des besoins (en particulier en hiver) : un premier ballon de stockage solaire est généralement placé en amont d'un deuxième ballon d'appoint qui assure le maintien en température de consigne de l'eau chaude. Il est également possible d'installer un seul ballon qui intègre un deuxième échangeur ou une résistance électrique.



Capteurs solaires destinés à la production d'eau chaude sanitaire pour un hôtel.



Chauffe-eau solaire sur des maisons (premier plan) et un immeuble de logement.

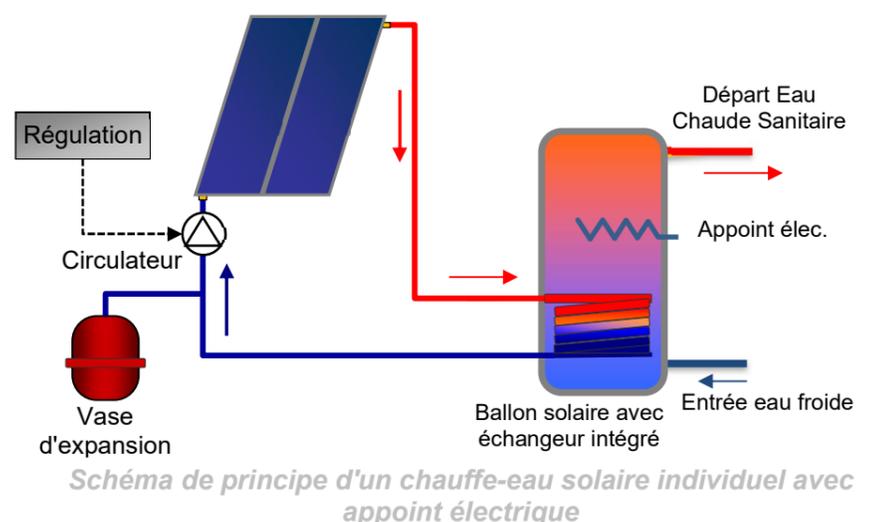


Schéma de principe d'un chauffe-eau solaire individuel avec appoint électrique

## Production sur le territoire\*

5m<sup>2</sup> pour une famille de 4 personnes  
→ 55% des besoins d'eau chaude sanitaire

355 kWh/m<sup>2</sup>.an soit 35% de rendement

7 000 € TTC

Temps de retour sur investissement  
entre 6 et 13 ans suivant les aides et l'énergie substituée

\* Dimensionnement pour 170 litres d'eau chaude à 55°C par jour

## Eléments économiques



## Coût du MWh produit\*

190 – 260 € TTC/MWh  
(particulier en fonction des aides)

135 – 200 € HT/MWh  
(collectif et tertiaire)

57 – 106 € HT/MWh  
(centrale au sol : réseau de chaleur ou industrie)

Coût complet des autres énergies pour les particuliers :  
gaz naturel 260 € TTC - fioul 380 € TTC  
Elec (chauffe-eau thermodynamique) 250 € TTC

\* Coût complet de l'énergie en 2023 sur la durée de vie des équipements- source ADEME / actualisation Axenne

Pas de site remarquable patrimonial ni de site inscrit ou de site classé sur le territoire.

**Implantation de capteurs très difficile**

■ Site Patrimonial Remarquable

**Implantation de capteurs difficile**

▨ Sites Classés

**Implantation de capteurs délicate**

◐ Sites inscrits

◑ Périumètre des monuments historiques

**Bâtiments tertiaires favorables à une installation solaire thermique**

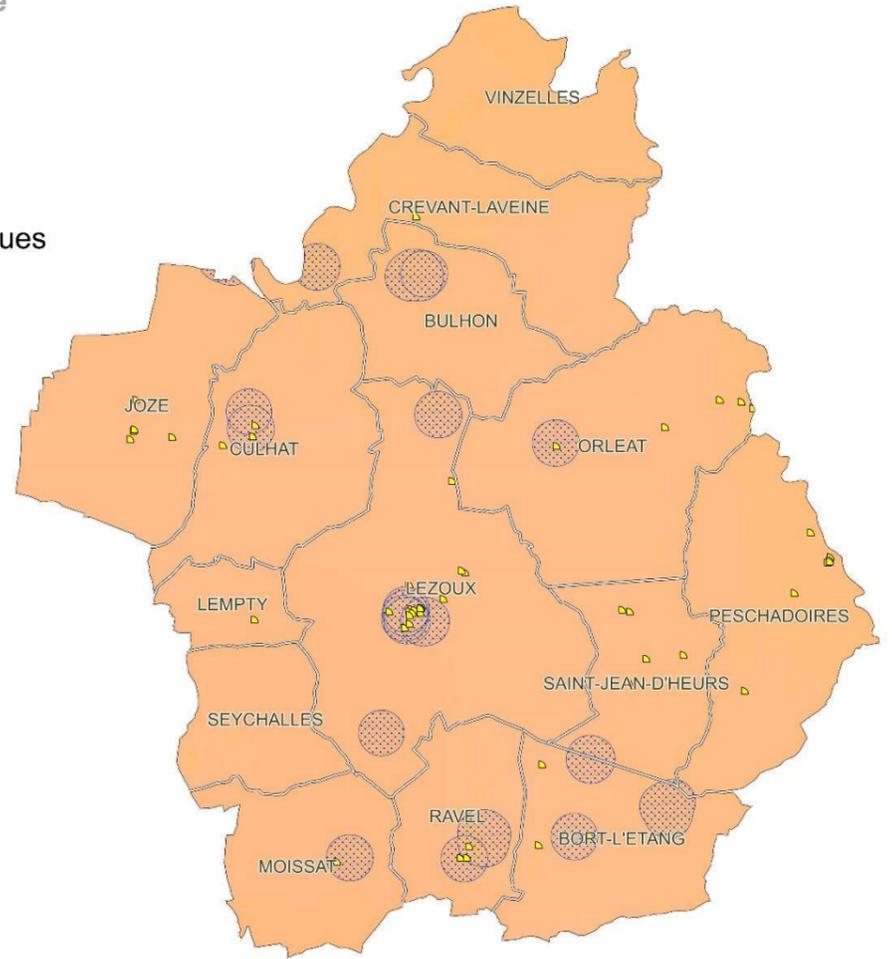
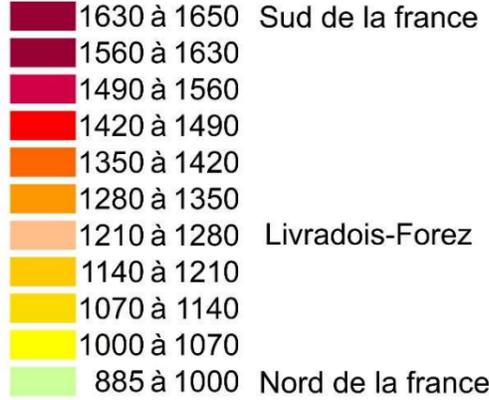


Bâtiment tertiaire ayant des besoins d'eau chaude sanitaire

- Maison de retraite
- Hôtel
- Foyers d'hébergement
- Ecole, collège (cantine et internat)
- Gymnase et salle de sport
- Etc.

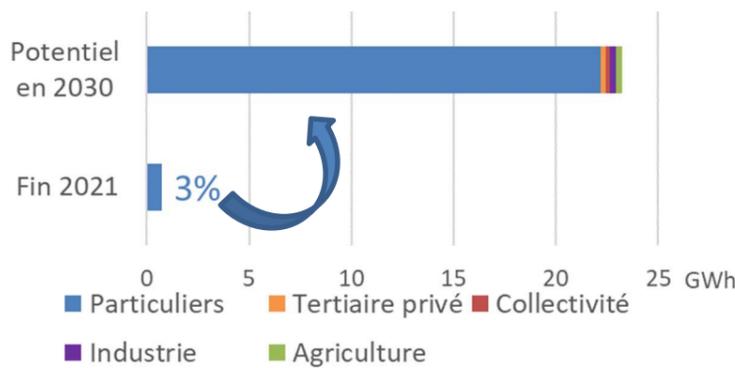
**Ensoleillement annuel à l'horizontal**

kWh/m<sup>2</sup>.an



Source : IGN BDTopo, Insee base de données des équipements géolocalisés, <http://atlas.patrimoines.culture.fr>

**Potentiel théorique d'installations solaires thermiques sur la CC Entre Dore et Allier**



Seuls 3% des gisements théoriques sont actuellement valorisés sur le territoire. La marge de manœuvre la plus importante se situe sur les maisons, mais les collectivités ont un devoir d'exemplarité et peuvent être motrices sur la relance de cette filière.

**Objectif national, régional et territorial pour le solaire thermique**

Métropole 2022	Auvergne Rhône-Alpes 2015	CC Entre Dore et Allier 2022
1 292 GWh	220 GWh	0,7 GWh
↓ x 1,4 (scénario A) x 1,9 (scénario B)	↓ x 6,8	↓ x 14
Objectif métropole 2028 (PPE)	Auvergne Rhône-Alpes 2030 (SRADDET)	CC Entre Dore et Allier 2030
1 850 GWh (scénario A) 2 500 GWh (scénario B)	1 490 GWh	9,6 GWh

Unité : 1 GWh = 1 gigawatt heure = 1 000 MWh = 1 000 000 kWh

**Les autres applications du solaire**



**Les avantages du solaire thermique**

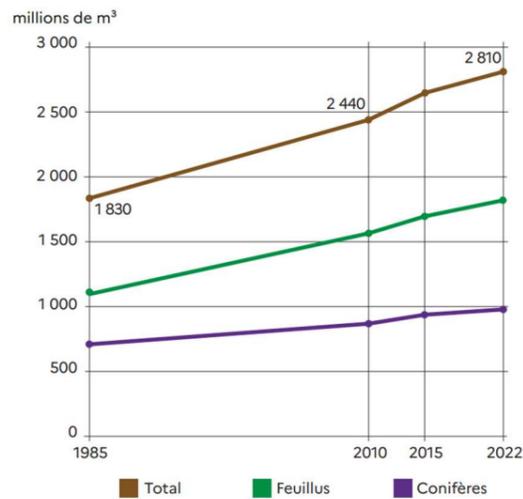
- la source d'énergie utilisée est renouvelable et gratuite, aucune pénurie ou fluctuation des prix n'est à craindre,
- le processus de production de chaleur n'a aucun impact sur l'environnement (pas de rejets polluants, pas de déchets, etc.),
- quelle que soit l'énergie substituée (électricité, fioul ou gaz), les rejets de gaz à effet de serre évités sont importants,
- dans le secteur de l'habitat, les lave-vaisselle et lave-linge peuvent aussi bénéficier de l'eau chaude solaire,
- sur les maisons neuves, la consommation d'eau chaude représente plus de 20% des besoins énergétiques, le solaire thermique permet de réduire de 60% ces consommations,
- l'appel de puissance sur le réseau électrique est fortement réduit durant six mois de l'année, le solaire thermique étant en mesure de produire jusqu'à 90% de l'eau chaude sanitaire sans appoint.
- de toutes les énergies renouvelables c'est la plus performante sur le plan environnemental.

# LA FILIERE BIOMASSE COMBUSTIBLE



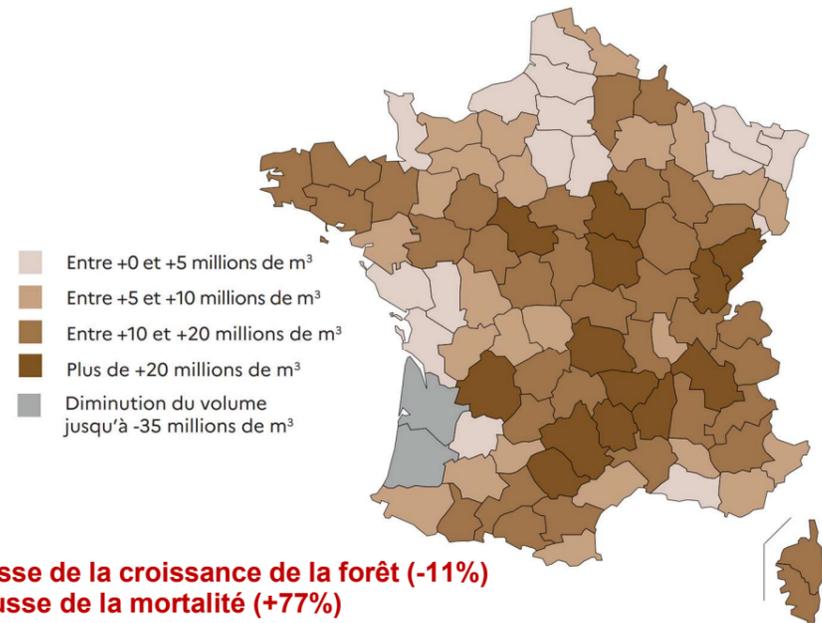
## Eléments d'information sur la ressource en bois au plan national

Évolution du volume de bois total, de feuillus et de conifères, durant les trente dernières années



Depuis plus d'un siècle, la superficie forestière métropolitaine augmente d'environ 85 000 ha par an (soit huit fois la superficie de Paris).

Variation du volume de la forêt de production entre 1985 et 2022

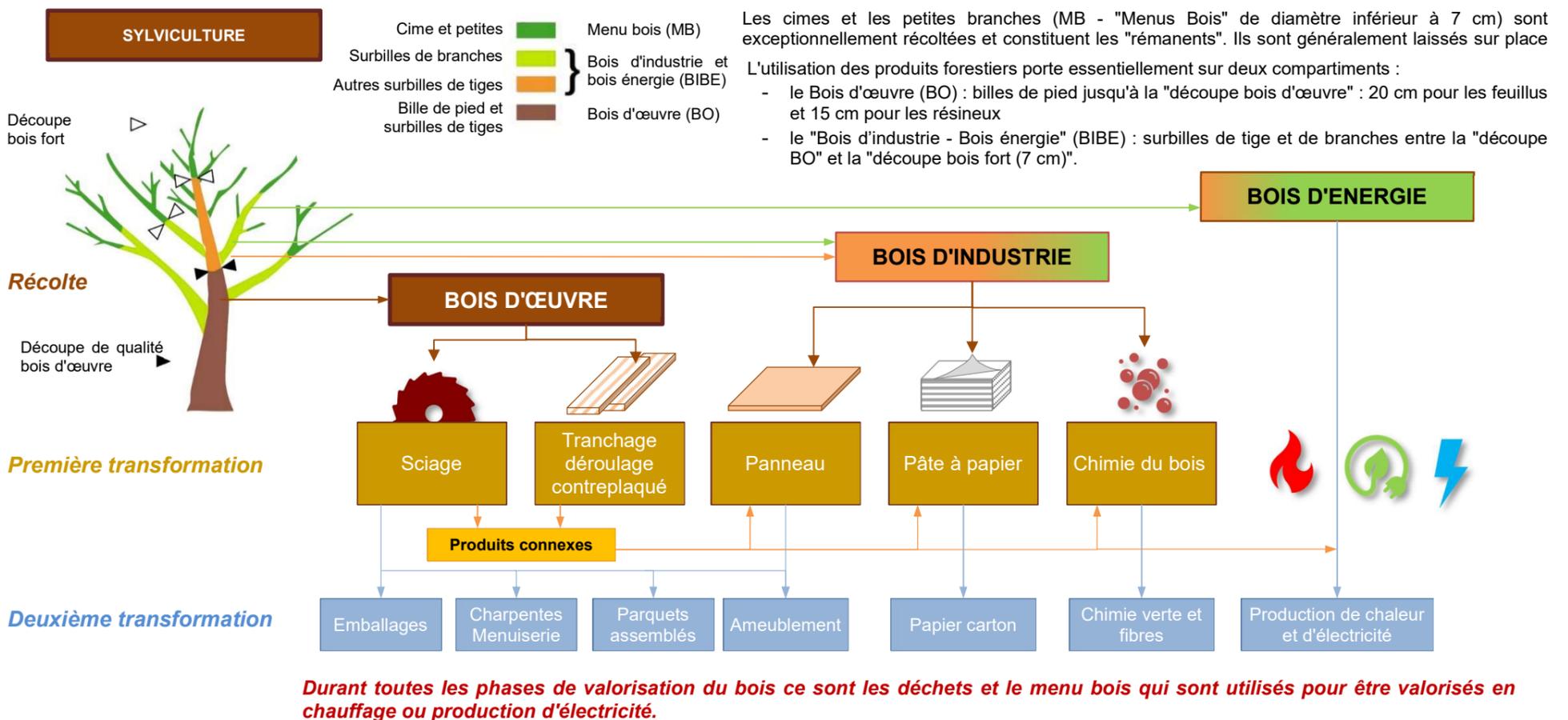


Cela dit, si on compare deux périodes :  
2005→2013  
2013→2021  
on observe →

- Une baisse de la croissance de la forêt (-11%)
- Une hausse de la mortalité (+77%)
- Une hausse des prélèvements (+9%)

Source : [https://www.ign.fr/files/default/2023-10/memento\\_oct\\_2023.pdf](https://www.ign.fr/files/default/2023-10/memento_oct_2023.pdf)

## La filière forêt-bois



## Le saviez-vous ?

Un poêle labellisé Flamme Verte 7\* rejette 10 fois moins de particules qu'un appareil acheté il y a 20 ans.

Le bois énergie est la première énergie renouvelable en France (33% de la consommation d'énergie primaire renouvelable en 2022).

La filière bois énergie nécessite 3 à 4 fois plus d'emplois par rapport aux énergies conventionnelles.

## Eléments économiques Coût du MWh produit\*

66 – 130 €TTC/MWh (particulier poêle bûches)  
120 – 150 €HT/MWh (particulier poêle granulés)

126 – 148 €HT/MWh  
(collectif – tertiaire < 500 kW au pellets)

60 – 96 €HT/MWh  
(collectif – tertiaire 500kW → 1 000kW plaquettes forestières)

Coût complet des autres énergies pour les particuliers :  
gaz naturel 260 €TTC - fioul 380 €TTC  
électricité (pompe à chaleur air/air) 220 €TTC

\* Coût complet de l'énergie en 2023 sur la durée de vie des équipements - source ADEME / actualisation Axenne



Unité : 1 kWh = 1 kilowatt heure = énergie consommée ou produite par un appareil d'une puissance de 1 000 watts pendant une heure  
1 MWh = 1 mégawatt heure = 1 000 kWh

### Installations existantes

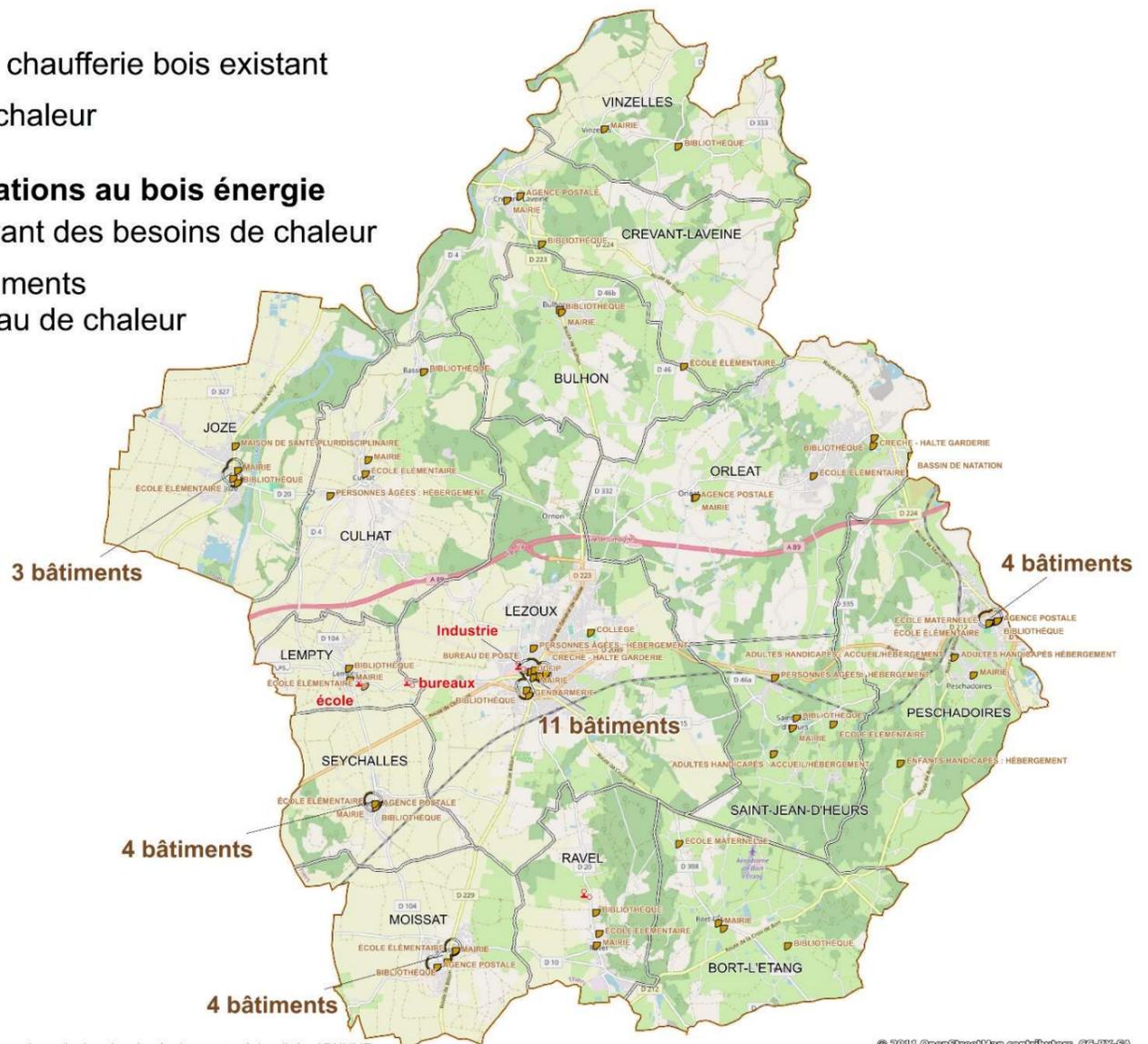
- 📍 Réseau de chaleur ou chaufferie bois existant
- Tracé d'un réseau de chaleur

### Potentiel pour des installations au bois énergie

- Bâtiments tertiaires ayant des besoins de chaleur
- ▭ Regroupement de bâtiments tertiaires pour un réseau de chaleur

## Regroupement de bâtiments pour des réseaux de chaleur ou bâtiment isolé pour une chaudière bois

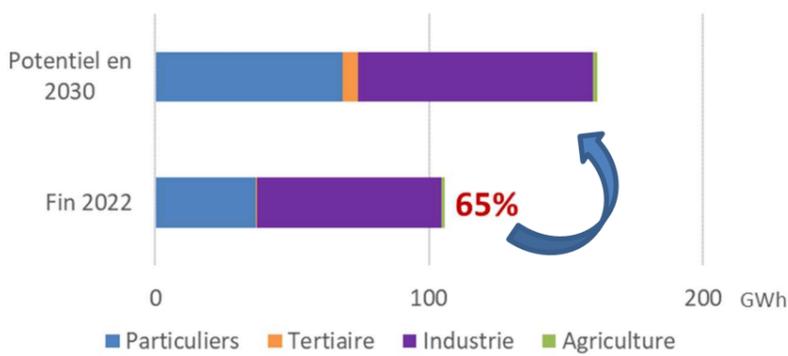
- Mairie
- Ecole, collège, lycée
- Agence postale
- Maison de retraite
- Foyers d'hébergement
- Etc.



Source : IGN BDTopo, Insee base de données des équipements géolocalisés, ADUHME

© 2014 OpenStreetMap contributors, CC-BY-SA

## Potentiel théorique d'installations bois énergie sur la CC Entre Dore et Allier



Le bois et la biomasse énergie dans l'industrie sont bien représentés sur le territoire avec une exploitation à hauteur de 65% des gisements théoriques. Cela dit, de nombreuses maisons actuellement chauffées au fioul et au gaz propane pourraient avantageusement utiliser le bois pour réduire leur facture énergétique et les émissions de CO<sub>2</sub>. De nombreuses communes pourraient équiper leurs bâtiments de chaufferie bois ou de petits réseaux de chaleur.

## La diversité des équipements et des puissances mises en jeu



## Intérêt du bois énergie

Le bois énergie bénéficie d'atouts indéniables, qui doivent inciter à son développement et à une meilleure utilisation de cette ressource :

- un bilan neutre vis-à-vis des gaz à effet de serre : conventionnellement, l'utilisation de la biomasse est considérée comme neutre du point de vue des émissions de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) puisque sa combustion émet autant de CO<sub>2</sub> qu'elle n'en a absorbé au cours de sa croissance.
- le développement d'une filière bois locale structurée entraîne toute une économie qui bénéficie à tous les acteurs (haies bocagères, filière pour la construction bois et les produits biosourcés, affouage, etc.),
- le volume de bois vivant présent dans les forêts du Puy-de-Dôme s'élève à 71 000 000 m<sup>3</sup>, ce qui en fait le deuxième département en métropole pour la ressource.
- les progrès techniques et la diffusion massive des matériels ont permis une baisse des coûts d'investissement, une baisse des émissions de particules fines et une amélioration du rendement et du confort pour les utilisateurs (les poêles à granulés sont très faciles à utiliser).

## Objectifs nationaux et régionaux

National 2022	AUVERGNE RHÔNE-ALPES 2015 (bois collectif)	CC Entre Dore et Allier 2022
116 000 GWh	13 900 GWh	106 GWh
↓ x 1,4	↓ x 1,4	↓ x 1,06
Objectif National 2028 (PPE)	AUVERGNE RHÔNE-ALPES 2030 (SRADDET)	CC Entre Dore et Allier 2030*
169 000 GWh	19 900 GWh	112 GWh

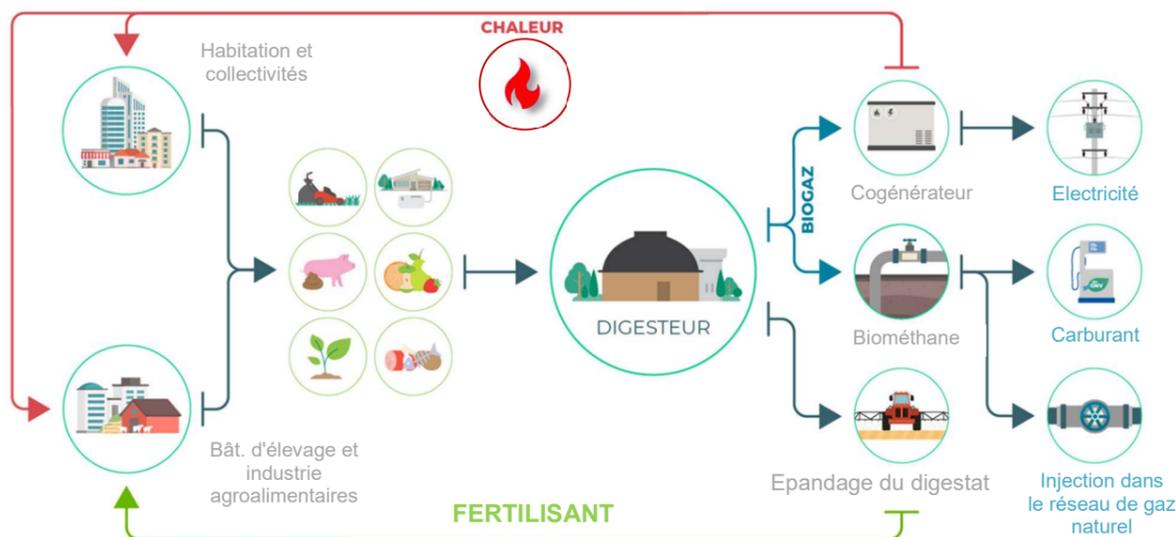
\*Objectif actualisé de consommation de bois énergie en 2030

Unité : 1 GWh = 1 gigawatt heure = 1 000 MWh = 1 000 000 kWh



## Mise en œuvre de la technologie

### La MÉTHANISATION



Source Chambre d'Agriculture

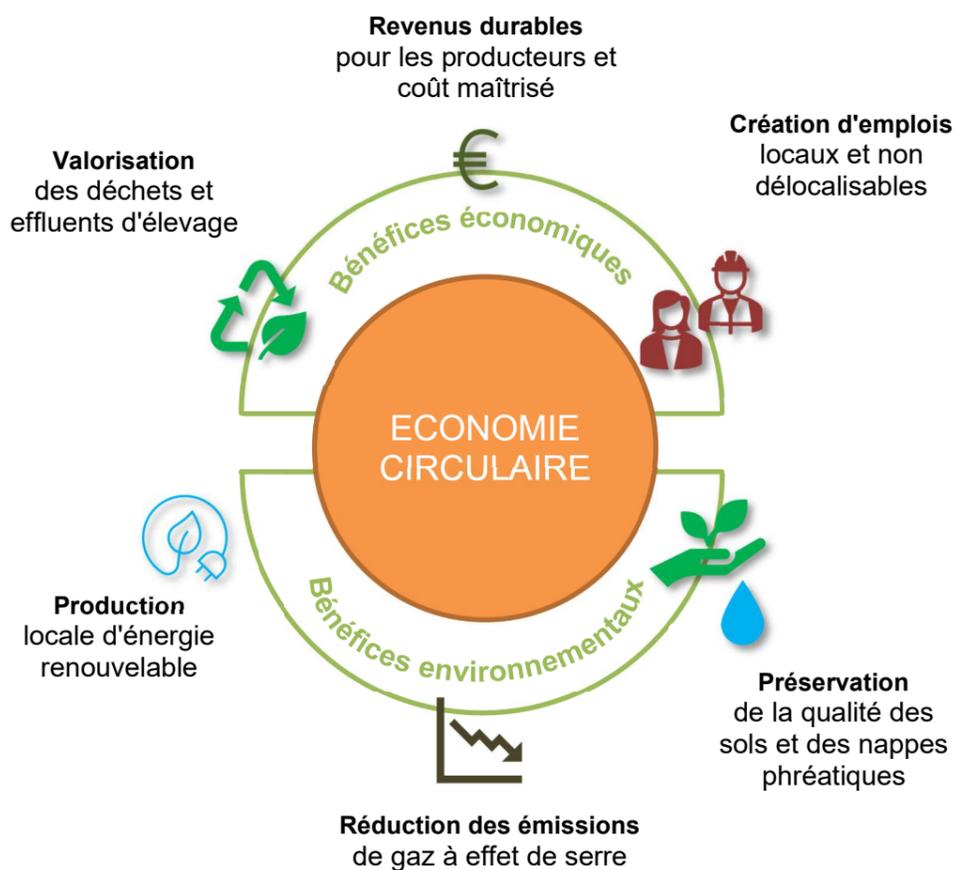
La méthanisation est un processus de production de biogaz par fermentation de matière organique en l'absence d'oxygène (anaérobie) et sous l'effet de la chaleur. C'est une source d'énergie non continue et stockable.

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.

Des modèles spécifiques de bus, de camions, de tracteurs et de véhicules d'entreprises et de collectivités peuvent rouler au gaz naturel véhicule (GNV).

## La méthanisation, un principe d'économie circulaire



### Éléments économiques Coût du MWh produit\*

90 – 125 €HT/MWh (en 2022 pour de l'injection)

78 – 132 €HT/MWh

(chiffre 2020 pour la cogénération, valorisation en chaleur et électricité)

\* Coût complet de l'énergie en 2022 sur la durée de vie des équipements- source ADEME



### Emprise moyenne au sol

Environ 1 ha (unité à la ferme)

3 ha unité territoriale (projet en injection)

source ADEME

## Chiffres clés

Avec 1 370 installations en métropole, l'injection de biométhane dans le réseau en 2022 atteint 6 270 GWh, soit 2,1% de la consommation totale de gaz naturel.

Si l'objectif de 10% d'injection est atteint en 2030, la consommation de gaz naturel sera toujours dépendante à 90% des pays étrangers et émettrice de 280 gCO<sub>2</sub>/kWh.

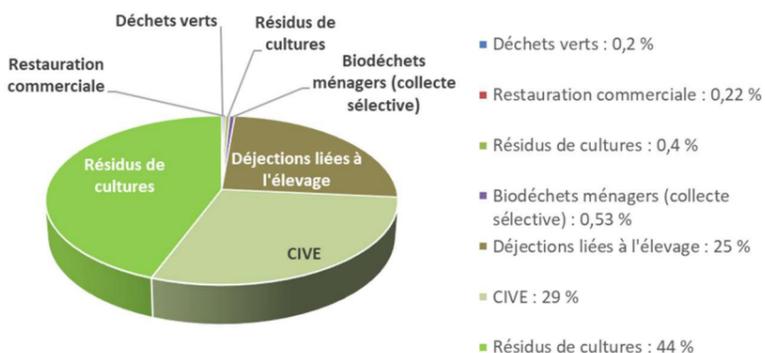
15% de cultures principales sont admises au maximum dans un méthaniseur, la priorité est donnée aux effluents d'élevages, aux déchets et résidus agricoles et aux biodéchets.



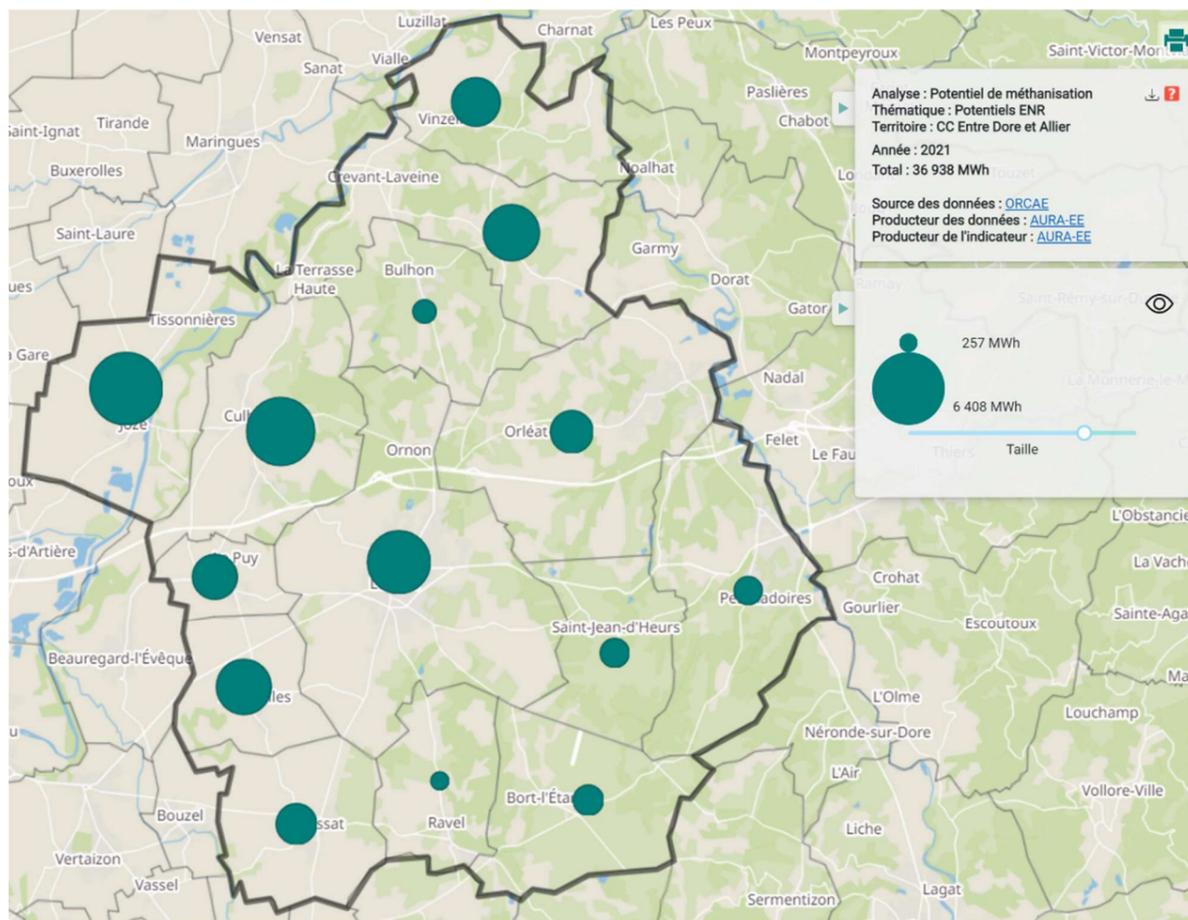
Unité de méthanisation située à Cunihat

# Ressource méthanisable sur la CC Entre Dore et Allier : 37 GWh/an

(Source : Terristry)



CIVE : Culture Intermédiaire à Vocation Energétique



## Idées reçues

(Source : ADEME)



### 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.

## Objectifs nationaux et régionaux

National 2022	AUVERGNE RHÔNE-ALPES 2015	CC Entre Dore et Allier 2022
13 550 GWh dont 6 270 GWh injectés soit 2,1% du gaz naturel consommé en France	433 GWh	0 GWh
<b>x 3</b>	<b>x 14</b>	
Objectif National 2028 (PPE)	AUVERGNE RHÔNE-ALPES 2030 (SRADDET)	CC Entre Dore et Allier PCAET en 2050
32 000 GWh dont 22 000 GWh injectés	5 933 GWh	14 GWh en 2050

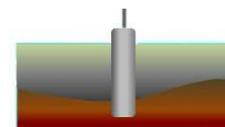
Unité : 1 GWh = 1 gigawatt heure = 1 000 MWh = 1 000 000 kWh

## Intérêt de la méthanisation

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

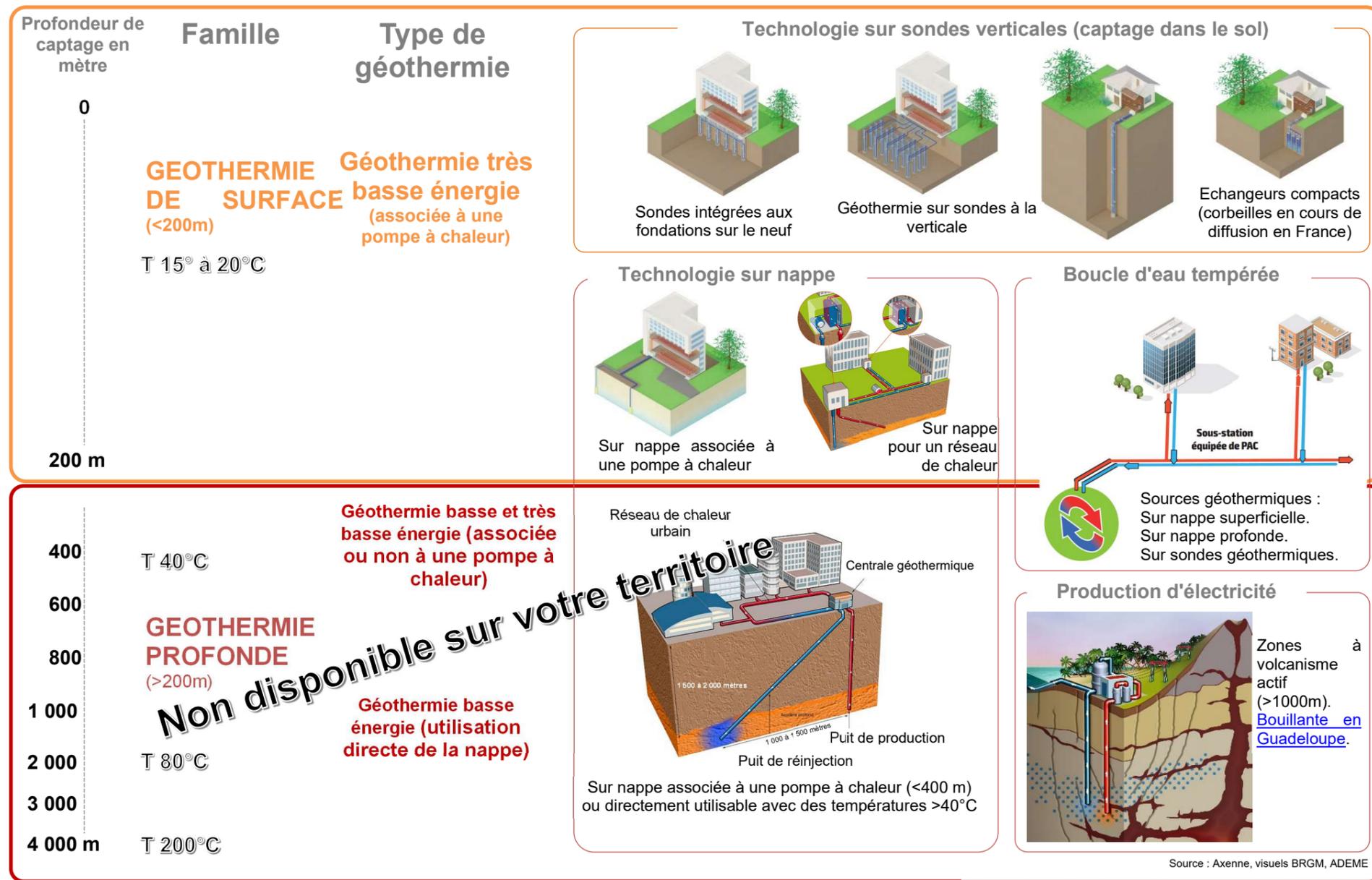
Source : ADEME

# LA GEOTHERMIE



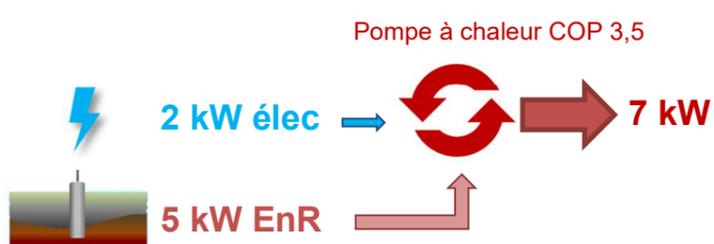
## Description des technologies

Il n'y a pas qu'une géothermie mais plusieurs qui permettent d'exploiter les calories dans une nappe d'eau ou dans le sol. Ainsi, on distingue des types de géothermies en fonction de la profondeur et des types de technologies suivant la valorisation de la ressource.



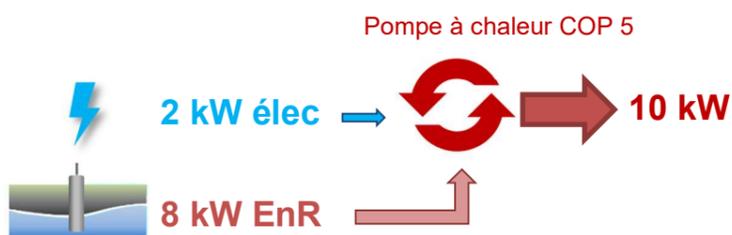
## Éléments de dimensionnement

Une sonde de 100 mètres de profondeur fournit une puissance thermique d'environ 5 kW. En considérant que la pompe à chaleur associée au forage a un COP de 3,5, la puissance thermique fournie au bâtiment ou au réseau de chaleur est d'environ 7 kW par sonde :



Plusieurs sondes peuvent être installées pour un même bâtiment ; elles doivent alors être espacées d'au moins 10 mètres.

Dans le cadre d'un projet sur nappe, tout va dépendre de la disponibilité de la ressource (débit de pompage en m<sup>3</sup>/h possible) et de la température de l'eau. La performance est généralement légèrement supérieure à très supérieure par rapport aux sondes verticales.



## Éléments économiques

### Coût du MWh produit\*



**156 – 174 €TTC/MWh**

(pompes à chaleur sur champ de sondes pour les particuliers)

**135 – 200 €HT/MWh**

(pompes à chaleur sur aquifère superficiel pour les particuliers)

**135 – 145 €HT/MWh**

(pompes à chaleur sur champ de sondes tertiaire / collectif)

**Coût complet des autres énergies pour les particuliers :**  
 gaz naturel 260 €TTC - fioul 380 €TTC  
 Elec (pompe à chaleur air/air) 220 €TTC

\* Coût complet de l'énergie en 2023 sur la durée de vie des équipements- source ADEME / actualisation Axenne

## Bâtiments favorables à une installation géothermique

- Commerces
- Maison de retraite
- Mairie
- Foyers d'hébergement
- Etc.

**Installations géothermiques existantes**

- ▼ Géothermie sur sonde
- ▲ Géothermie sur nappe

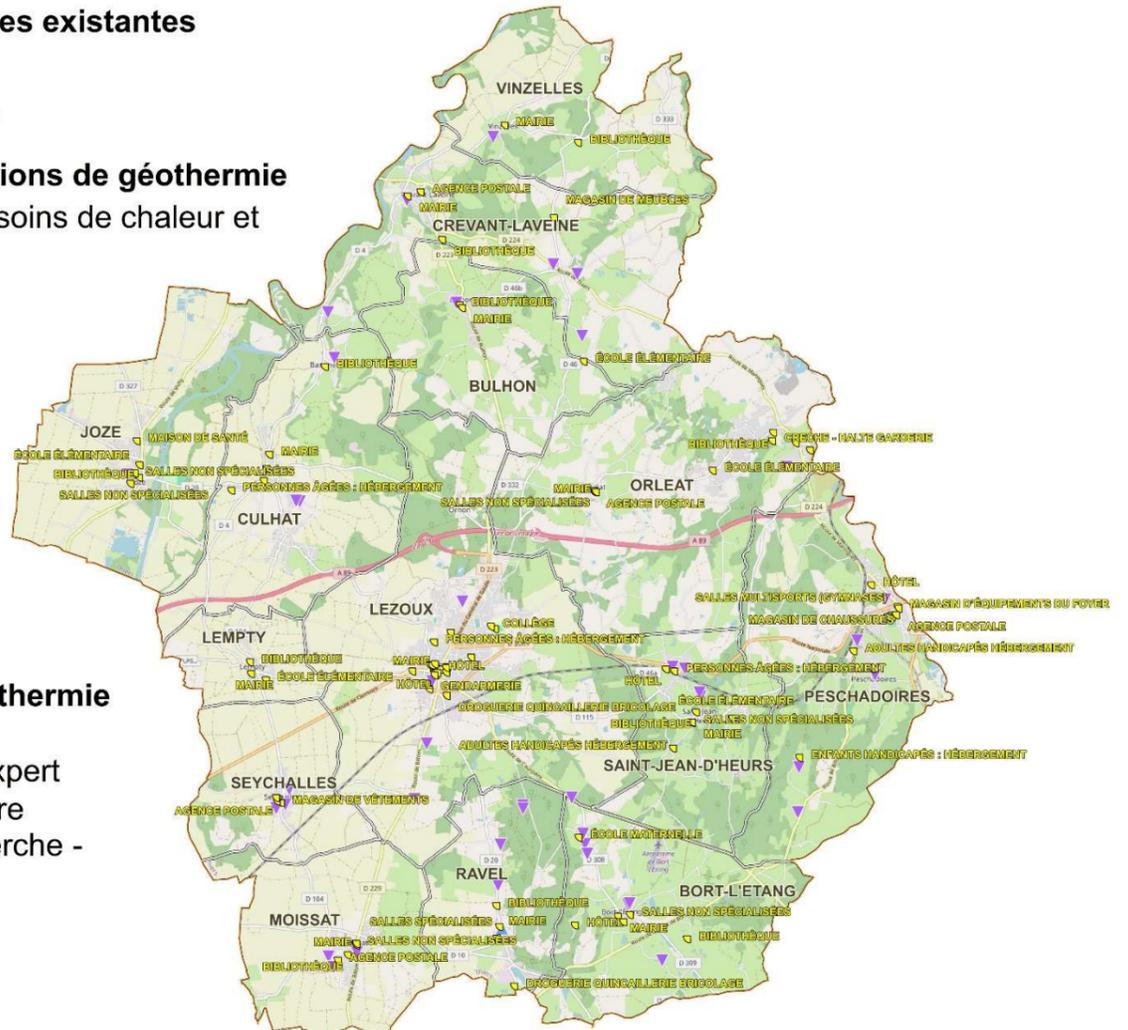
**Potentiel pour des installations de géothermie**

Bâtiments ayant des besoins de chaleur et de rafraîchissement

### Réglementation de la géothermie de minime importance

- Autorisé avec avis d'expert
- Non autorisé (procédure d'autorisation de recherche - code minier)

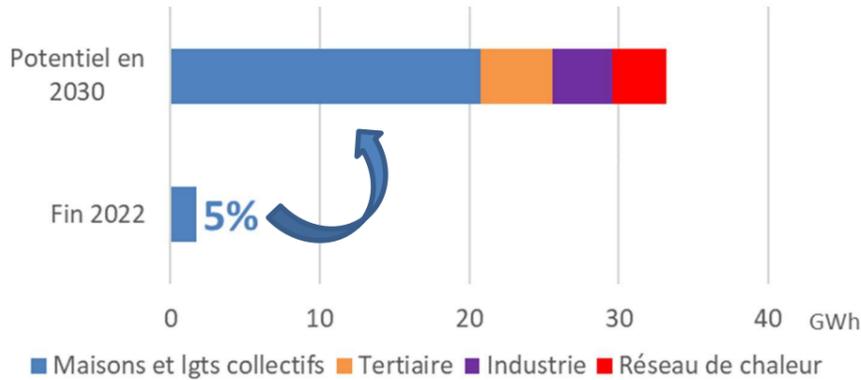
Aucune zone sur le territoire où la géothermie serait soumise à avis d'expert ou interdite.



Source : IGN BDTopo, Insee base de données des équipements géolocalisés, geothermies.fr

© 2021 @panStreetMap contributors, CC-BY-SA

## Potentiel théorique d'installations géothermiques sur la CC Entre Dore et Allier



Corbeilles géothermiques – source BRGM

## Intérêt de la géothermie

Si la mise en œuvre et le montage des projets sont plus complexes que pour les énergies conventionnelles, la géothermie offre de très nombreux avantages :

- les pompes à chaleur ont un très bon rendement énergétique (de 3 à 5 kWh thermiques fournis pour 1 kWh électrique consommé) c'est deux à quatre fois plus performant que les pompes à chaleur air/air,
- la chaleur dans la nappe ou dans le sol est à une température constante et ne dépend pas des conditions atmosphériques,
- la géothermie offre la possibilité d'installer un seul équipement qui se chargera de la chaleur et du rafraîchissement du bâtiment,
- les équipements ne se voient pas, ne font pas de bruit et sont très discrets,
- il est possible d'utiliser les places de parking extérieures pour installer des sondes verticales sur un bâtiment existant ou neuf,
- il est possible de faire du géocooling : en arrêtant la pompe à chaleur on peut rafraîchir un bâtiment en transférant sa chaleur dans le système de captage. C'est très économique pour rafraîchir naturellement un bâtiment.
- Il n'y a pas de contrainte réglementaire sur tout le territoire.

## Objectifs nationaux et régionaux

National 2022	AUVERGNE RHÔNE-ALPES 2015 (PAC + géothermie)	CC Entre Dore et Allier 2022 (géothermie)
5 400 GWh	2 086 GWh	1,7 GWh
↓ x 1,3	↓ x 1,25	↓ x 1,17
Objectif National 2028 (PPE)	AUVERGNE RHÔNE-ALPES 2030 (SRADDET)	CC Entre Dore et Allier 2030*
7 000 GWh	2 621 GWh	2 GWh

\*Objectif actualisé pour la géothermie en 2030

Unité : 1 GWh = 1 gigawatt heure = 1 000 MWh = 1 000 000 kWh

# LE PHOTOVOLTAÏQUE



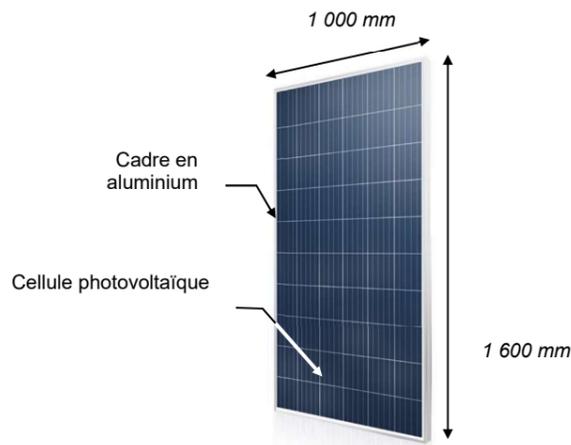
## Mise en œuvre de la technologie

Une cellule photovoltaïque est composée d'un matériau semi-conducteur qui absorbe l'énergie lumineuse du soleil et la transforme en électricité.

Lorsqu'une cellule est exposée au rayonnement solaire, les photons de la lumière viennent frapper sa face avant. L'énergie des photons est partiellement transmise aux électrons qui se déplacent de la face arrière de la cellule à la face avant. C'est ce déplacement des électrons qui crée un courant électrique.



Cellule de 166 mm x 166 mm et d'épaisseur 0,1 mm



Un module polycristallin de 1,6 m<sup>2</sup> et d'une puissance de 320 Wc (rendement de 20%)

La puissance d'un module photovoltaïque est exprimée en Watt crête ; c'est une valeur donnée pour un ensoleillement de 1 000 W/m<sup>2</sup> et une température de 25 °C  
1 MWc = 1 mégawatt crête = 1 000 000 Wc

Chaque cellule photovoltaïque ne génère qu'une petite quantité d'électricité. Elles sont donc assemblées en série pour constituer un **module photovoltaïque**, qui se compose généralement d'un circuit de 60 cellules (ou 120 demi-cellules). Le matériau utilisé étant très fragile, les cellules sont encapsulées entre une plaque de verre et un matériau composite. Il existe des modules bi-verre plus résistant et permettant de laisser passer une partie du rayonnement entre les cellules. Un cadre en aluminium permet la fixation de ce module sur différents types de supports. Des modèles sans cadre permettent différentes variantes pour l'intégration architecturale.

Un générateur photovoltaïque est composé d'un champ de modules, de structures rigides (fixes ou mobiles) pour poser les modules, du câblage, et des onduleurs qui permettent de convertir le courant continu en courant alternatif compatible avec le réseau électrique.

Les matériaux employés (verre, aluminium) résistent aux pires conditions climatiques (notamment à la grêle). Les modules photovoltaïques sont généralement garantis 25 ans et leur durée de vie est d'environ 30 ans.

3kWc de modules photovoltaïque (15m<sup>2</sup>) produisent 3,3 MWh (mégawatt heure) dans l'année sur le territoire.

## Mode de valorisation de l'électricité produite

Historiquement, avec des tarifs d'achats très avantageux, il était économiquement plus viable de vendre en totalité l'électricité produite à EDF ou aux Entreprises Locales de Distribution (Régie d'électricité). Ainsi depuis 2006, la plupart des projets ont été conçus sur ce principe. Avec la baisse des coûts des modules photovoltaïques (plus de 80% depuis 2010), la production d'énergie photovoltaïque devient désormais compétitive avec le coût de l'électricité du réseau. Il devient intéressant économiquement d'autoconsommer sa production plutôt que de vendre la totalité de son courant. Les différents modes de valorisation de l'électricité produite sont présentés à la page suivante.



Centrale au sol à Culhat

## Éléments économiques



180 €TTC/MWh (particulier - 3kWc)

130 €HT/MWh (tertiaire collectif – 30 kWc)

100 €HT/MWh (grande toiture > 500 kWc)

80 €HT/MWh (centrale au sol)

\* Coût complet de l'énergie en 2023 sur la durée de vie des équipements- source ADEME

IFER 3 400 €/MWc (pour les installations de plus de 100 kWc. 50% EPCI, 50% Département)

## Emprise moyenne au sol



1 ha/MWc (centrale au sol)

source ADEME



## Idées reçues

Les technologies solaires photovoltaïques actuellement utilisées n'utilisent pas de terre rares.

L'éco-organisme SOREN est missionné par l'Etat pour collecter et recycler les modules photovoltaïques en fin de vie. La filière de recyclage existe depuis 2007 et les modules sont actuellement recyclés à 94%.

Les coûts des systèmes photovoltaïques et les coûts d'exploitation ont spectaculairement baissé au début de la décennie 2010.

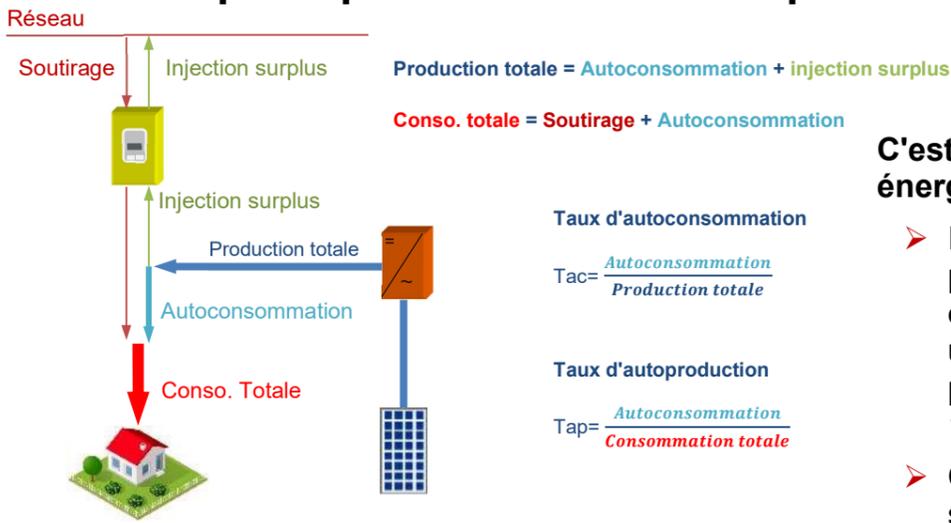
Le coût d'une installation a notamment été divisé par 10 en 10 ans.

Lorsqu'elles produisent, les installations photovoltaïques viennent en substitution des centrales à gaz. En 2019, RTE a estimé que l'énergie éolienne et photovoltaïque avait permis d'éviter 22 Mt CO<sub>2</sub> dans l'année.

Source : RTE, ADEME

Unité : 1 MWh = 1 mégawatt heure = énergie produite par une centrale photovoltaïque au sol d'une puissance de 1 MWc pendant une heure  
Surface : 1 ha = 1 hectare = 10 000 m<sup>2</sup>

# Schéma de principe d'une installation photovoltaïque

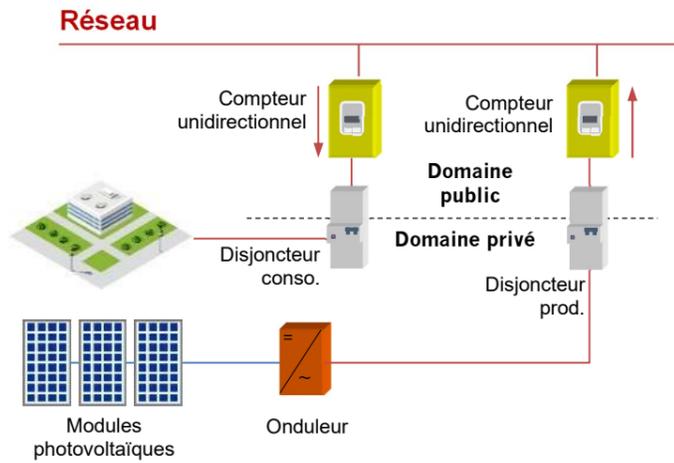


**C'est bien le Taux d'autoproduction qui importe sur le plan énergétique et économique :**

- Il est important qu'il soit le plus élevé, cela signifie que le système photovoltaïque couvre le maximum des besoins du site. En effet, en ne mettant par exemple que 100Wc sur une maison on atteint un taux d'autoconsommation de 100% mais de 1% seulement pour le taux d'autoproduction (pour une consommation de 10MWh/an).
- C'est le taux d'autoproduction qui permet d'estimer les économies sur les kWh soutirés au réseau.

## Les différents modes de valorisation d'une installation photovoltaïque

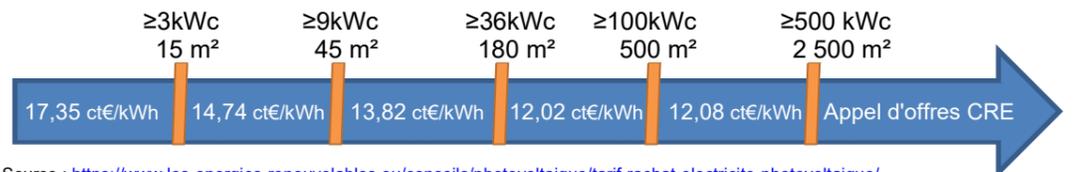
### Vente en totalité



- la production photovoltaïque est complètement dissociée de la partie consommation du client,
- toute la production est injectée sur le réseau, mais les électrons se dirigent directement vers les équipements au plus proche (a priori dans le bâtiment s'il y a une consommation ou chez le plus proche voisin qui consomme),
- il y a des frais pour le deuxième compteur de production de l'énergie.

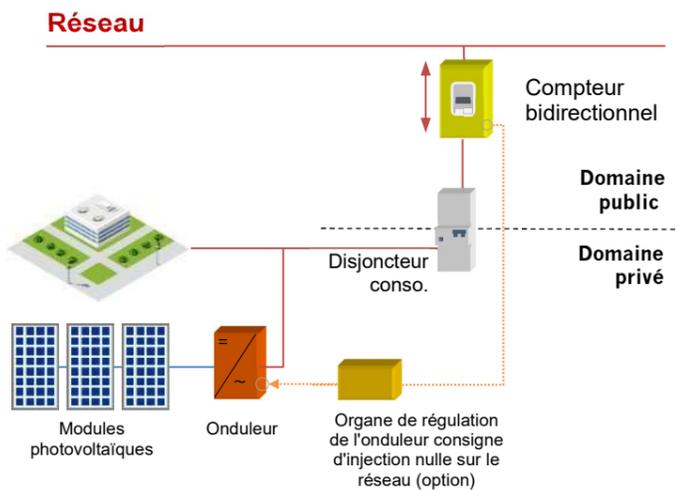
Les tarifs d'achat de l'électricité photovoltaïque sont modifiés tous les trois mois.

Tarif en vigueur entre le 01/11/2023 et le 31/01/2024



Source : <https://www.les-energies-renouvelables.eu/conseils/photovoltaique/tarif-rachat-electricite-photovoltaique/>

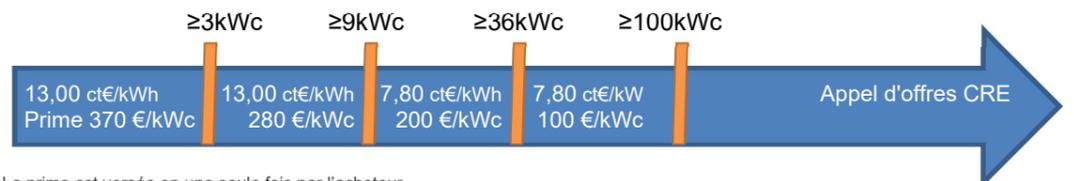
### Autoconsommation et vente éventuelle du surplus



- la production photovoltaïque est en partie ou en totalité autoconsommée,
- si la production photovoltaïque excède la consommation du bâtiment, le surplus est comptabilisé par le compteur Linky et vendu à EDF ou aux Entreprises Locales de Distribution,
- lorsque le producteur s'est engagé à ne rien injecter sur le réseau, il y a alors un organe de régulation de l'onduleur qui régule la puissance de l'onduleur,
- il y a un seul compteur Linky qui se charge de comptabiliser la consommation et le surplus injecté sur le réseau.

Les tarifs d'achat de l'électricité photovoltaïque sont modifiés tous les trois mois.

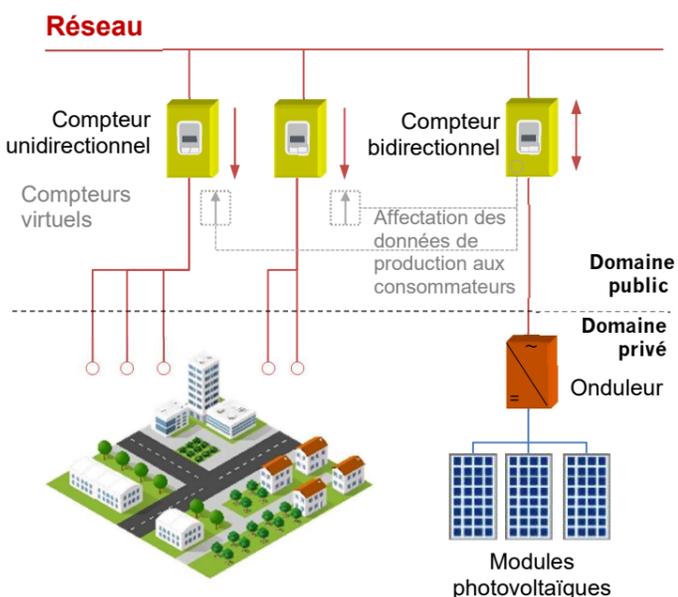
Tarif en vigueur entre le 01/11/2023 et le 31/01/2024



La prime est versée en une seule fois par l'acheteur

Source : <https://www.les-energies-renouvelables.eu/conseils/photovoltaique/tarif-rachat-electricite-photovoltaique/>

### Autoconsommation collective



- suivant les profils de consommation des différents consommateurs, on définit une clé de répartition de la production photovoltaïque à chacun d'entre eux,
- les kWh injectés par la production photovoltaïque sur le réseau public sont répartis selon la clé de répartition définie : c'est le principe de compteurs virtuels,
- dans l'idéal, la production photovoltaïque est en totalité autoconsommée,
- si la production photovoltaïque excède les consommations du bâtiment, le surplus est délivré gratuitement au réseau (le gestionnaire peut imposer au producteur de ne rien injecter sur le réseau),
- il y a un seul compteur Linky qui se charge de comptabiliser la consommation et le surplus injecté sur le réseau.

# Sites potentiels pour des centrales au sol et pour des ombrières de parking

## Site à privilégier pour des centrales au sol

- Ancienne décharge
- Centre d'enfouissement
- Friche
- Basol
- Carrière
- Cimetière

BASIAS (ancien site industriel et activité de service, position approximative)

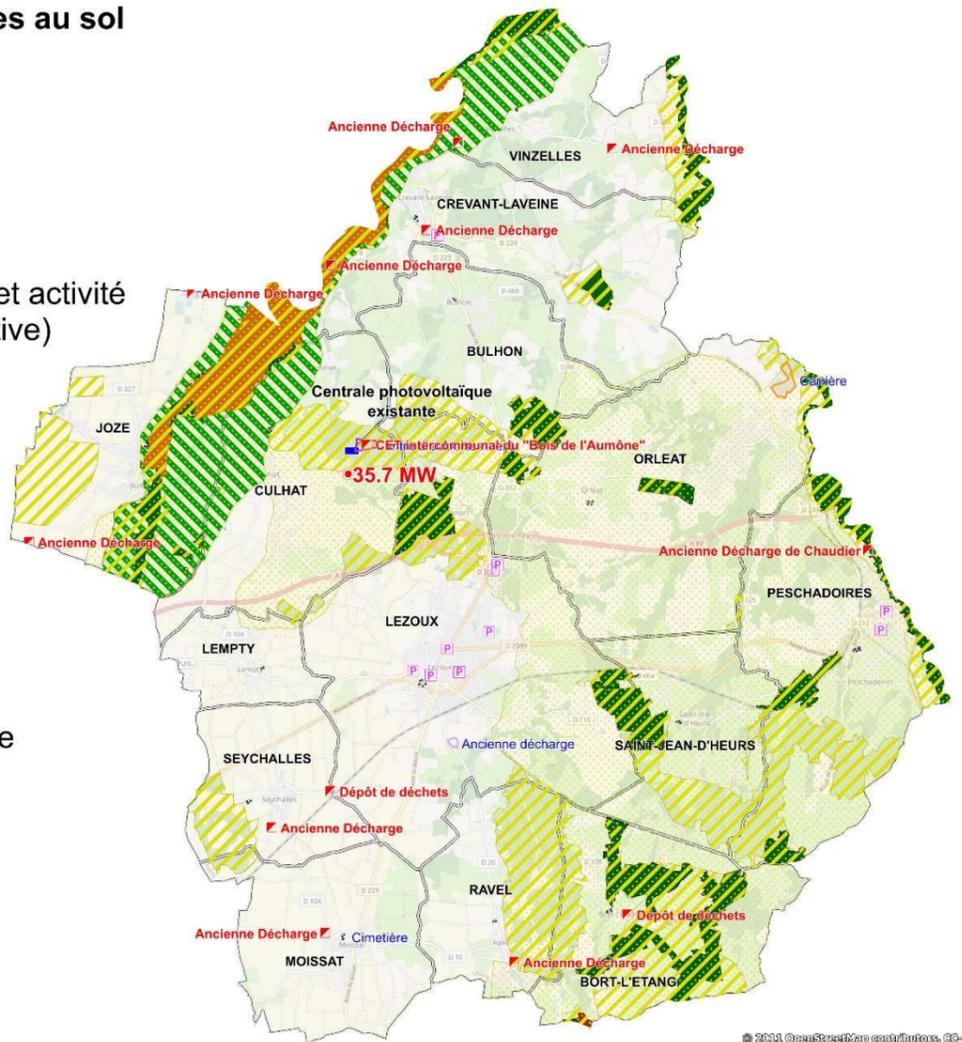
Potentiel pour des ombrières de parking

## Poste source (Mai 2023)

- Capacité d'accueil réservée à affecter (MWatts)
- Centrale au sol existante

## Protection environnementale

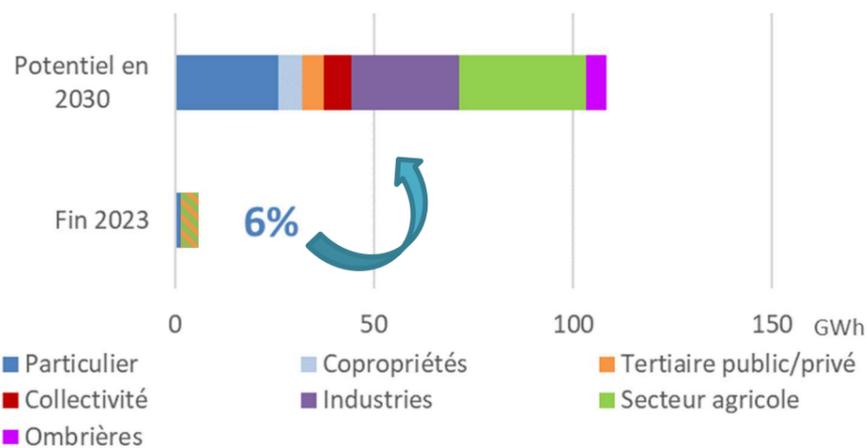
- Arrêtés de protection de biotope
- Espace naturel sensible
- Natura 2000 SIC
- Natura 2000 ZPS
- Znieff de type 1
- Znieff de type 2
- Parc Naturel Régional



Source : IGN BDTopo, Carto Fiches, SCOT Livradois Forez, BASIAS, BASOL, Capareseau

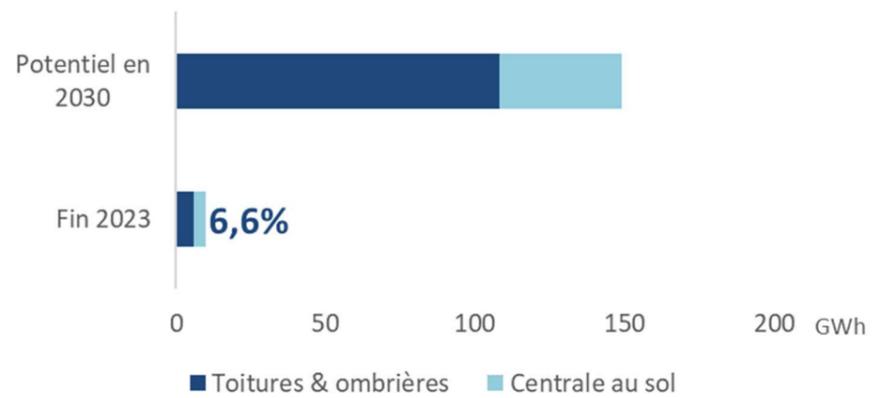
© 2014 OpenStreetMap contributors, CC-BY-SA

## Potentiel théorique d'installations photovoltaïques toiture et ombrières



Seuls 6% des gisements théoriques sont actuellement valorisés sur les toitures et ombrières de parking. Les marges de manœuvre les plus importantes se situent sur les maisons, les toitures industrielles et agricoles ainsi que les parkings. mais les collectivités ont un devoir d'exemplarité et peuvent être motrices sur la relance de cette filière.

## Potentiel théorique global avec les centrales au sol



A fin 2023, la centrale photovoltaïque au sol représente quasiment la même production que la totalité des équipements installés en toiture. Le gisement théorique sur les centrales au sol (barre en bleu ciel sur le graphique ci-dessus) représente près de 30% du gisement total.

## Objectifs nationaux et régionaux

National 30/09/2023	AUVERGNE RHÔNE-ALPES 30/09/2023	CC Entre Dore et Allier 30/09/2023
23 735 GWh	2 580 GWh	9,8 GWh
<b>x 2,36</b>	<b>x 2,77</b>	<b>x 2,8</b>
Objectif National 2028 (PPE)	AUVERGNE RHÔNE-ALPES 2030 (SRADDET)	CC Entre Dore et Allier PCAET 2030
55 440 GWh	7 149 GWh	27,4 GWh

Unité : 1 GWh = 1 gigawatt heure = 1 000 MWh = 1 000 000 kWh

## Intérêt du photovoltaïque

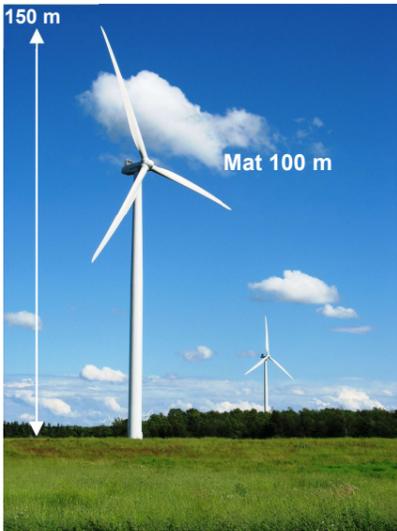
La production d'électricité à partir de l'énergie radiative du soleil par l'intermédiaire de modules photovoltaïques présente de nombreux avantages :

- la source d'énergie utilisée est renouvelable, aucune pénurie ou fluctuation des prix n'est à craindre,
- la production d'électricité est réalisée sans qu'il n'y ait aucune pièce en mouvement, ce qui entraîne des frais de maintenance excessivement faibles et une exploitation aisée (les modules sont auto-nettoyés avec la pluie),
- le processus de production d'électricité n'a aucun impact sur l'environnement (ni rejet de polluant, ni déchet, ni bruit, etc.),
- ce qui est produit est généralement consommé sur place, ce qui présente un intérêt du point de vue électrique puisque les pertes dans les câbles sont très faibles.



## Mise en œuvre de la technologie

Une éolienne produit de l'électricité à partir du vent. Elle se compose de plusieurs pales (généralement trois) qui récupèrent l'énergie cinétique du vent. Des capteurs permettent d'orienter l'éolienne face au vent et d'adapter automatiquement son fonctionnement aux différentes vitesses de vent. En tournant, le rotor entraîne un arbre raccordé à une génératrice électrique qui se charge de convertir l'énergie mécanique en énergie électrique. Le courant produit est ensuite transporté par câble souterrain jusqu'au poste de livraison. La tension y est relevée typiquement à 20 000 Volts, soit à la tension du réseau électrique auquel le parc est relié.



**Eolienne de 3 MW**  
100 m au rotor  
Diamètre des pales : 103 m



**Eolienne en mer de 5 MW**  
160 m au rotor  
Diamètre des pales : 126 m

- Une éolienne de 3 MW produit jusqu'à 7 500 MWh/an.
- 800 tonnes de béton sont nécessaires pour les fondations pour une éolienne de 3 MW (600 tonnes pour une éolienne de 2 MW).
- Dans un parc éolien, les machines sont espacées d'au moins 200 m.
- La durée de vie d'un parc éolien est estimée entre 20 et 30 ans.
- La garantie financière pour le démantèlement est fixée réglementairement à 50 000 € par éolienne.

## Equivalence énergétique



1 éolienne de 3 MW



6 ha d'emprise de photovoltaïque au sol



2 000 maisons avec 15m<sup>2</sup> de photovoltaïque



## Capacité installée

(France 31/12/2022)

20,4 GW soit près de 9 400 éoliennes



**Objectif national à l'horizon 2028** (programmation pluriannuelle de l'énergie)

33,2 à 34,7 GW



## Éléments économiques

**Coût du MWh : 66 €TTC/MWh pendant 20 ans**

Coût complet de l'énergie en 2023 sur la durée de vie des équipements- source ADEME

**IFER : 8 000 €/MW (20% commune, 50% EPCI et 30% Département)**



## Emprise moyenne au sol

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

source ADEME

## Idées reçues

Outre un contenu carbone faible (12,7 gCO<sub>2</sub>/kWh), 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.

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 %.

La consommation de terres rares dans ce secteur réside essentiellement dans l'utilisation d'aimants permanents pour certains segments de marchés de l'éolien (essentiellement pour l'éolien en mer et seulement 3% du parc terrestre français).

Lorsqu'elles produisent, les installations photovoltaïques viennent en substitution des centrales à gaz. En 2019, RTE a estimé que l'énergie éolienne et photovoltaïque avait permis d'éviter 22 Mt CO<sub>2</sub> dans l'année.

Source : RTE, ADEME

Puissance : 1 MW = 1 mégawatt = 1 000 000 Watts et 1 GW = 1 000 MW = 1 000 000 000 Watts

Production : 10 MWh = 10 mégawatt heure = 1 éolienne de 2 MW qui fonctionne pendant 5 heures à pleine puissance produit 10 MWh

Surface : 1 ha = 1 hectare = 10 000 m<sup>2</sup>

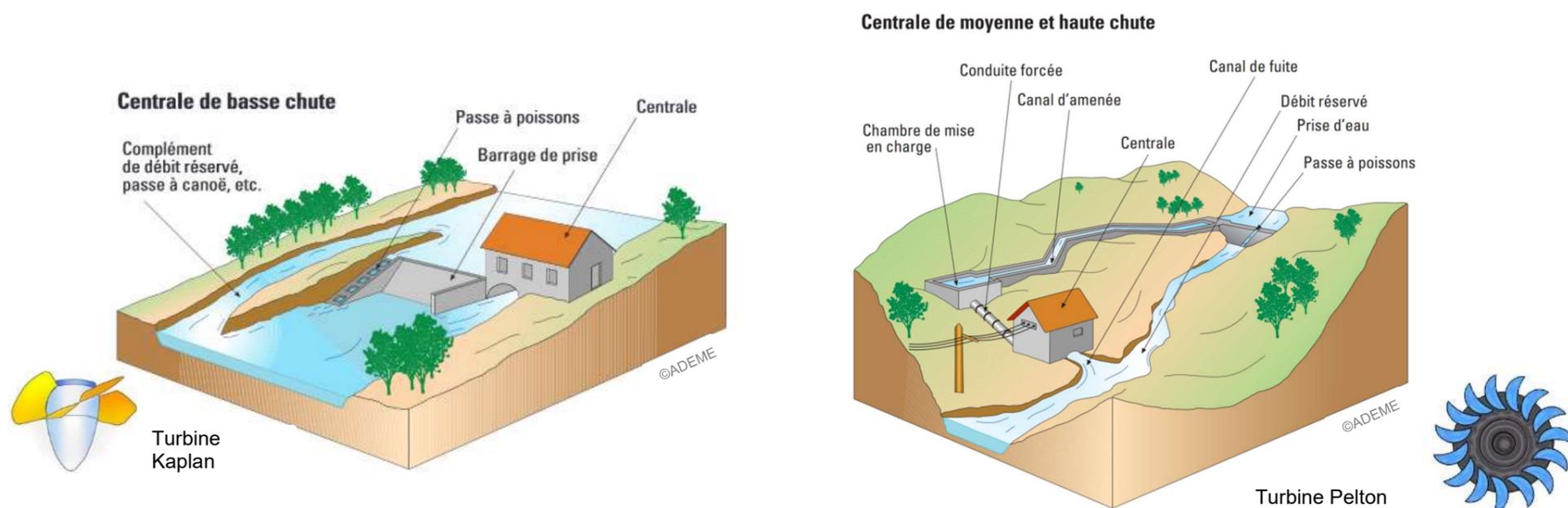


## Mise en œuvre de la technologie

Une turbine hydroélectrique produit de l'électricité à partir de l'énergie potentielle de l'eau définie par un débit(Q) et une hauteur de chute (H). En toute première approche, la puissance en Watt peut se calculer par la formule suivante :

$$P (W) = 7 \times Q (l/s) \times H (m)$$

Il existe essentiellement deux types de centrales, les centrales basse chute que l'on rencontre dans les vallées, le long des fleuves et des cours d'eau. Elles exploitent des débits très importants (jusqu'à plus de 2 000 m<sup>3</sup>/s) sous des hauteurs de chute très modestes (quelques mètres). Les centrales de moyenne et haute chute se trouvent plutôt en montagne, elles exploitent le dénivelé offert par la topographie du terrain pour offrir des hauteurs de chute jusqu'à 1 000 mètres pour des débits plus modeste.



Des installations hydroélectriques peuvent également être implantées sur les canalisations d'eau potable ou d'eau usée en montagne. Ces installations sont soumises à une mise en œuvre encadrée pour les matériaux à utiliser et des prescriptions spécifiques en lien avec l'eau potable.

## Eléments économiques



Il existe une diversité de taille d'installation allant de quelques kilowatts à plusieurs mégawatts. Le tableau ci-dessous présente les dépenses à prévoir pour des centrales de quelques centaines de kilowatts.

Etape	Budget moyen (en €/kW installé)	Budget moyen pour 500 kW
Etudes diverses et montage administratif du dossier	231 €/kW	115 500 €
Equipements	1 721 €/kW	860 500 €
Génie civil	1 310 €/kW	655 000 €
Environnement*	371 €/kW*	185 500 €*
<b>TOTAL</b>	<b>3 633 €/kW</b>	<b>1 816 500 €</b>

(Source : « dépenses moyennes » - France Hydro Electricité)

## Environnement

Compte-tenu des puissances très diverses disponibles, l'énergie hydroélectrique peut être mise en œuvre sans qu'il n'y ait aucune modification sur l'environnement (cas du turbinage de l'eau potable) ou au contraire les grands barrages peuvent bouleverser inévitablement l'équilibre écologique et social d'une région.

Plusieurs sociétés ont développé des turbines qui peuvent s'intégrer dans une rivière tout en étant respectueuses de l'environnement.

Ci-contre, une turbine de 380 kW installée sur le fleuve du Tarn avec une chute nominale de 1,80 mètres et un débit de 23 m<sup>3</sup>/s.

Turbine installée à la Glacière – Millau-Source : MJ2 Technologie



## Idées reçues

L'équipement hydroélectrique français n'a que très peu évolué au cours des vingt dernières années. La puissance totale des installations est de 24 GW. L'énergie produisible annuelle moyenne attendue est de 60 TWh mais en 2022 elle n'a été que de 45TWh.

De nouveaux projets voient le jour notamment en montagne sur des cours d'eau inexploités mais leur puissance ne comble pas la baisse de production due à une baisse du niveau des cours d'eau, les précipitations restant égales par ailleurs.

C'est l'effet d'évapotranspiration qui conduit à une baisse du niveau des cours d'eau et des nappes phréatiques et non les précipitations qui, si elles sont plus variables en intensité, restent équivalentes en quantité.