

POTENTIEL DE DÉVELOPPEMENT DU SOLAIRE THERMIQUE SUR LES RÉSEAUX DE CHALEUR ET DE FROID

ANALYSE THÉMATIQUE



Dans le cadre du projet EnRezo et de la directive européenne pour l'efficacité énergétique, le Cerema produit des analyses thématiques sur le déploiement des filières d'énergies renouvelables afin d'alimenter les réseaux de chaleur et de froid.

Ce travail est soutenu et financé par la DGEC et l'ADEME.

Introduction

Les installations solaires thermiques sur réseau de chaleur ont d'abord vu le jour au Danemark et en Allemagne. Elles offrent une solution complémentaire au bois énergie pour des réseaux dont la chaudière est arrêtée en période estivale par exemple. Elles peuvent également constituer une première mutation pour des réseaux 100% gaz si la mise en place d'une chaufferie biomasse s'avère difficile. Dans certains pays, des opérations avec du stockage inter-saisonnier et la relève de la température par gaz ou pompe à chaleur permettent d'assurer plus de 60% des besoins d'un réseau.

Elles offrent l'avantage d'un coût de la chaleur compétitif grâce aux économies d'échelles réalisées.

Ainsi, les coûts de production varient entre 50€/MWh solaire utile pour les plus grandes centrales (de plus de 10 000m²) à 80€/MWh pour les centrales les plus petites (de moins de 2 000m²) hors subventions. Les dimensionnements les plus courants permettent de couvrir environ 80% des besoins de chaleur en période estivale. La première opération en France de ce type s'est faite à Châteaubriant en Loire-Atlantique (44).

Source : Ademe

A partir des données produites pour le projet EnRezo, il a été possible d'analyser le potentiel de développement du solaire thermique dans les réseaux de chaleur. L'estimation concerne la capacité de production (en lien avec la période estivale) et les surfaces nécessaires pour installer les centrales solaires.



Champs solaire du réseau de Châteaubriant

1/ Méthodologie

A partir des données produites dans le cadre du projet EnRezo, l'idée est d'estimer le potentiel de solarisation des réseaux de chaleur existants ou à créer, le solaire étant une ressource énergétique encore peu mobilisée sur les réseaux (<1%).

Le solaire thermique est d'autant plus pertinent lorsque les besoins en période estivale sont importants, notamment en eau chaude sanitaire (ECS).

Des applications pourraient également s'envisager pour couvrir les besoins en froid avec des machines à absorption utilisant l'énergie solaire. Ce dernier point n'est pas approfondi dans le présent document.



Stockage tampon pour le champs solaire du réseau de Châteaubriand

1 Estimation des besoins à couvrir par le solaire thermique

A partir des zones d'opportunité « réseaux de chaleur et de froid » calculées dans le projet EnRezo, les besoins estimés en ECS sont récupérés.



OBJECTIF : Couvrir au moins 80% des besoins en période estivale avec du solaire thermique.

2 Estimation des surfaces nécessaires pour le solaire thermique

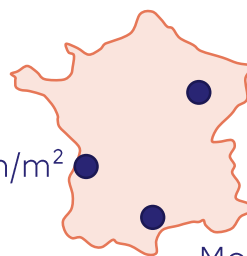
A partir de la carte d'ensoleillement moyen par commune et du rendement moyen d'une installation en solaire thermique sur réseau de chaleur, la surface de capteurs nécessaires pour couvrir les besoins précédemment estimés est calculée.

Cette surface de capteurs est ensuite ramenée à une emprise foncière. [1 m² de surface de capteurs nécessite environ 2,5 m² d'emprise au sol]



Quelques exemples d'irradiation solaire moyenne (source : Solargis)

Bordeaux : 1 330 kWh/m²

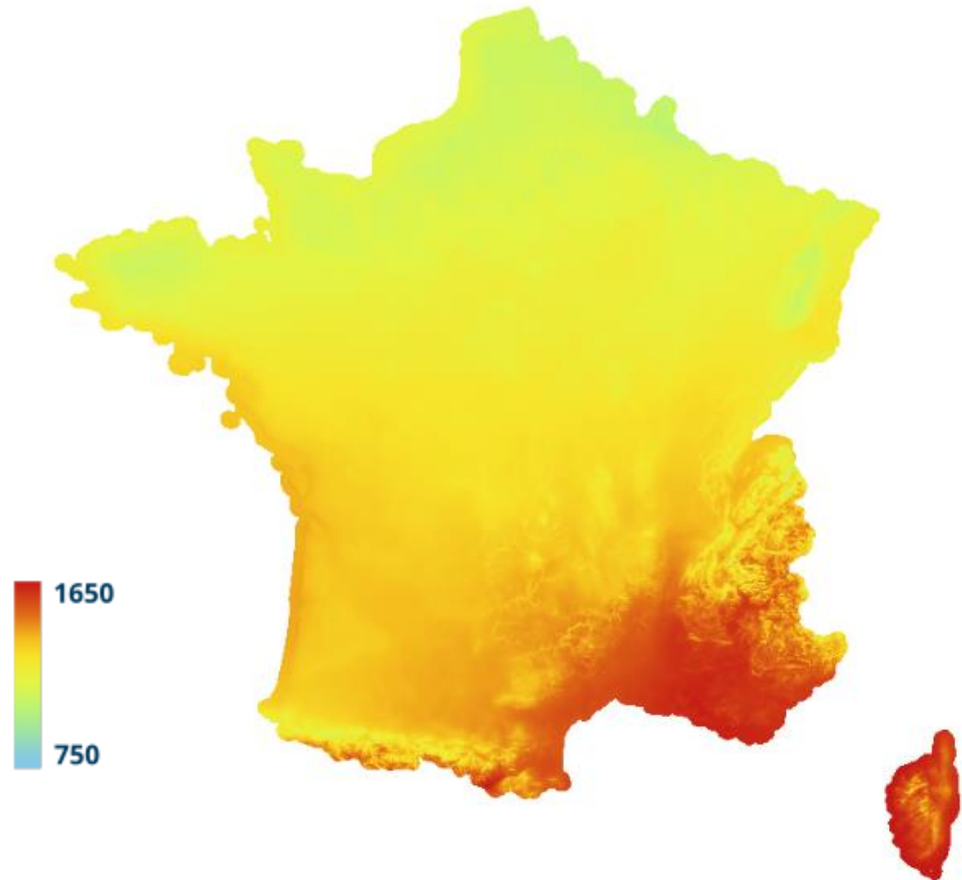


Nancy : 1 150 kWh/m²

Montpellier : 1 540 kWh/m²

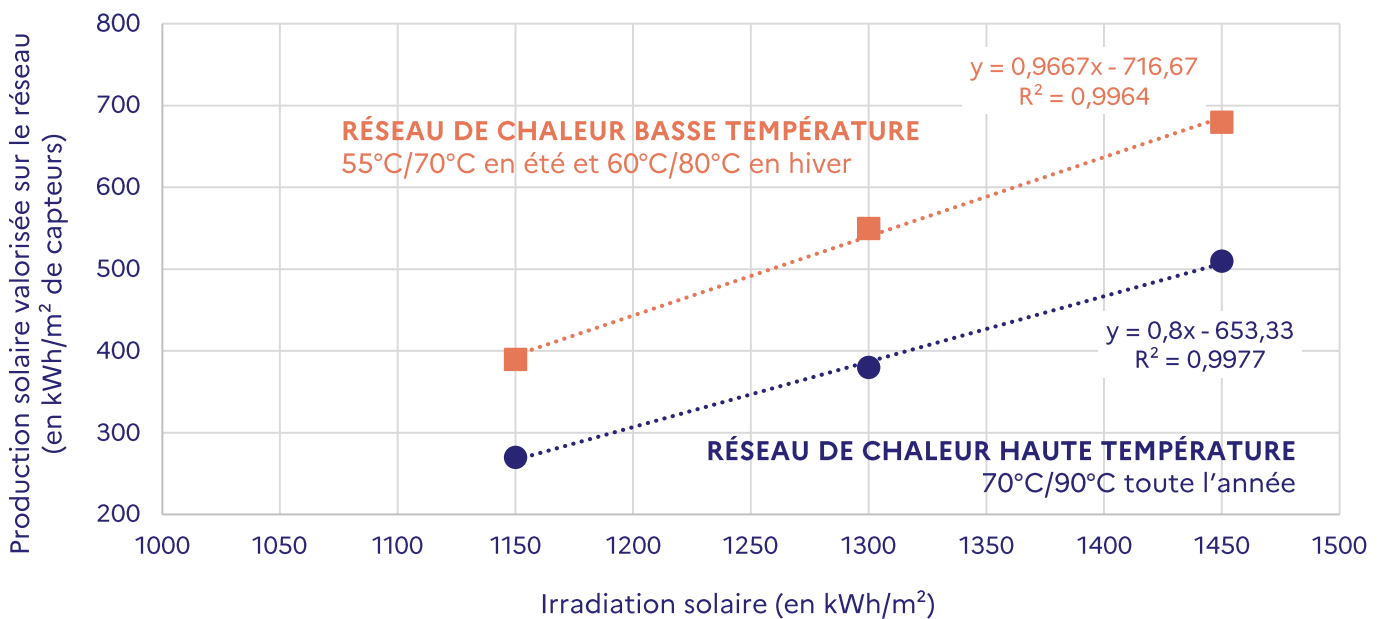
IRRADIATION SOLAIRE HORIZONTALE ANNUELLE MOYENNE (KWH/M²)

Source : Solargis



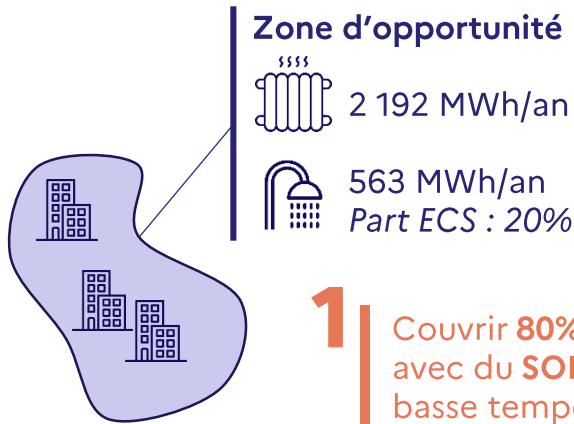
PRODUCTION SOLAIRE VALORISÉE SUR UN RÉSEAU DE CHALEUR EN FONCTION DE L'IRRADIATION (KWH/M² DE CAPTEURS)

Source : Newheat



CALCUL DES SURFACES DE CAPTEURS NÉCESSAIRES ET DE L'EMPRISE AU SOL ASSOCIÉE

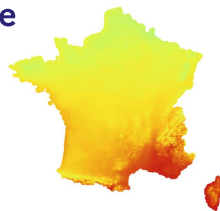
EXEMPLE D'APPLICATION



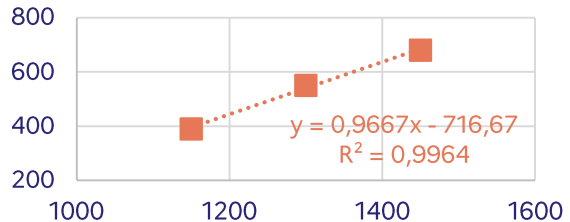
1 Couvrir **80%** des besoins en **PÉRIODE ESTIVALE** de la zone avec du **SOLAIRE THERMIQUE** via un **RÉSEAU DE CHALEUR** basse température (55°C/70°C en été et 60°C/80°C en hiver)
→ Soit environ 80% de l'ECS : **450 MWh/an**

Irradiation solaire de la commune

1 322 kWh/m²



Lien entre irradiation solaire et rendement des capteurs solaires sur réseau de chaleur BT



2 Avec l'irradiation solaire, on détermine la surface de capteurs nécessaires et l'emprise au sol associée

→ Pour une irradiation de **1 322 kWh/m²**, on obtient un rendement des capteurs solaires (pour un réseau basse température) de **562 kWh/m²**.

→ Pour couvrir **450 MWh/an**, la surface de capteurs nécessaires est de **802 m²**.

→ Soit une emprise au sol de **2 000 m²**.

3 Pour chaque zone d'opportunité réseaux de chaleur, 4 attributs sur le solaire thermique sont ajoutés sur les couches cartographiques d'EnRezo

→ **[Surface de capteur solaire (m²) – HT ou – BT]** : Surface de capteurs solaires nécessaire en m² pour couvrir 80% des besoins en ECS de la zone pour un réseau de chaleur fonctionnant à haute température (HT) ou basse température (BT)

→ **[Emprise au sol (m²) – HT ou – BT]** : Surface au sol nécessaire en m² pour une centrale solaire thermique correspondant à un taux de couverture de 80% des besoins en ECS de la zone pour un réseau de chaleur fonctionnant à haute température (HT) ou basse température (BT)

2/ Quelques repères

Estimation des besoins en chaleur (chauffage et ECS) au niveau national par EnRezo

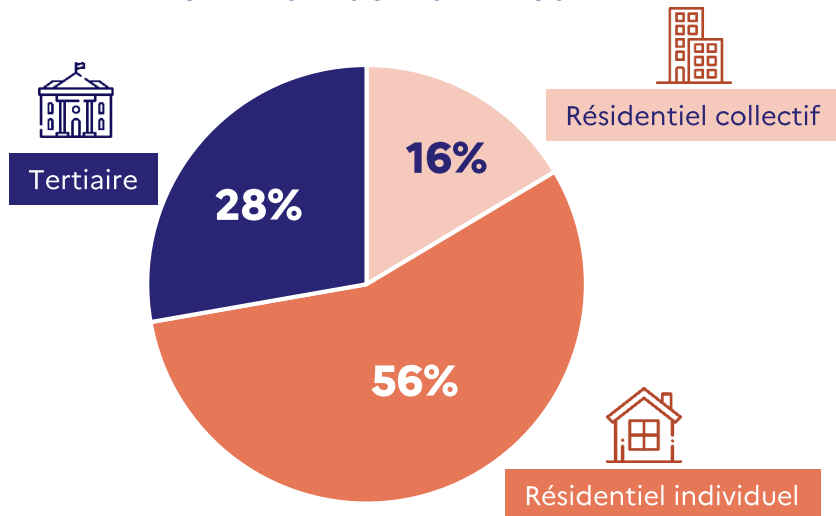
450 TWh

Estimation des besoins en ECS au niveau national par EnRezo

72 TWh

16% des besoins en chaleur

RÉPARTITION DES BESOINS EN ECS



LES ZONES D'OPPORTUNITÉ ENREZO

Deux types de zones d'opportunité sont construites pour la version « standard » d'EnRezo :

- Les zones à « fort potentiel » qui prennent en compte les bâtiments dont les besoins en chaleur sont supérieurs à 300 MWh ;
- Les zones à « potentiel » qui prennent en compte les bâtiments dont les besoins en chaleur sont supérieurs à 100 MWh.

Les zones d'opportunités correspondent à des secteurs favorables au développement des réseaux de chaleur et de froid.

Les zones à « fort potentiel »

15% des besoins nationaux de chaleur



48 TWh



10 TWh



Plus de **190 000** bâtiments

Les zones à « potentiel »

25% des besoins nationaux de chaleur



89 TWh



17 TWh



Plus de **560 000** bâtiments



Pour en savoir plus sur la construction des zones :

<https://reseaux-chaleur.cerema.fr/espace-documentaire/enrezo>

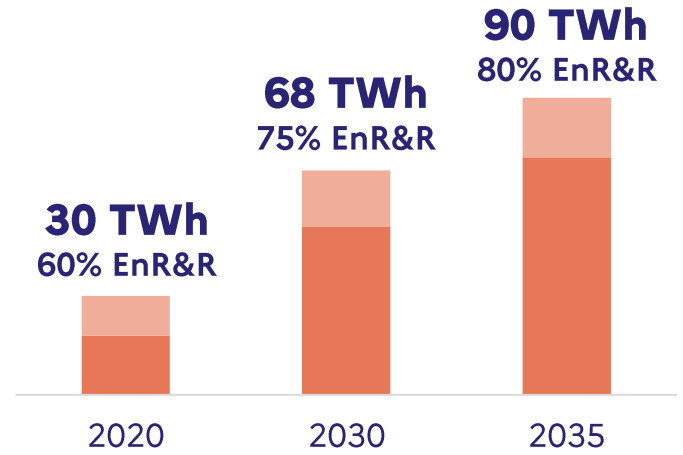
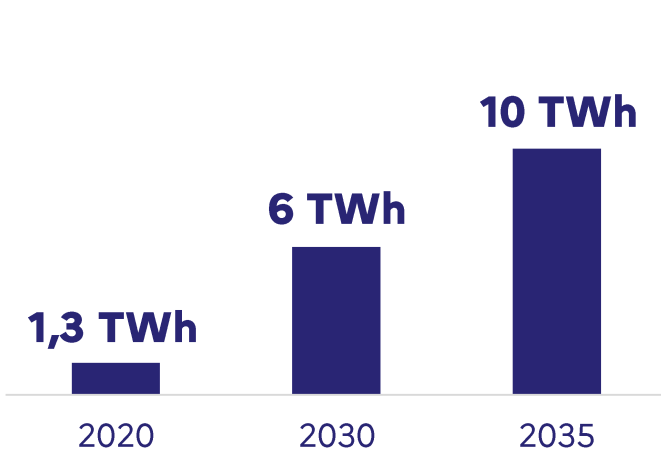
LES OBJECTIFS DE LA STRATÉGIE FRANÇAISE ÉNERGIE CLIMAT (SFEC)



Les objectifs de développement du solaire thermique



Les objectifs de développement des réseaux de chaleur



Les zones d'opportunités « à fort potentiel » correspondent à 85% de l'objectif de développement des réseaux de chaleur à l'horizon 2030.

Les zones d'opportunités « à potentiel » correspondent quant à elles à 120% de l'objectif de 2035.

Pour en savoir plus sur la SFEC :

https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/23242_Strategie-energie-climat.pdf

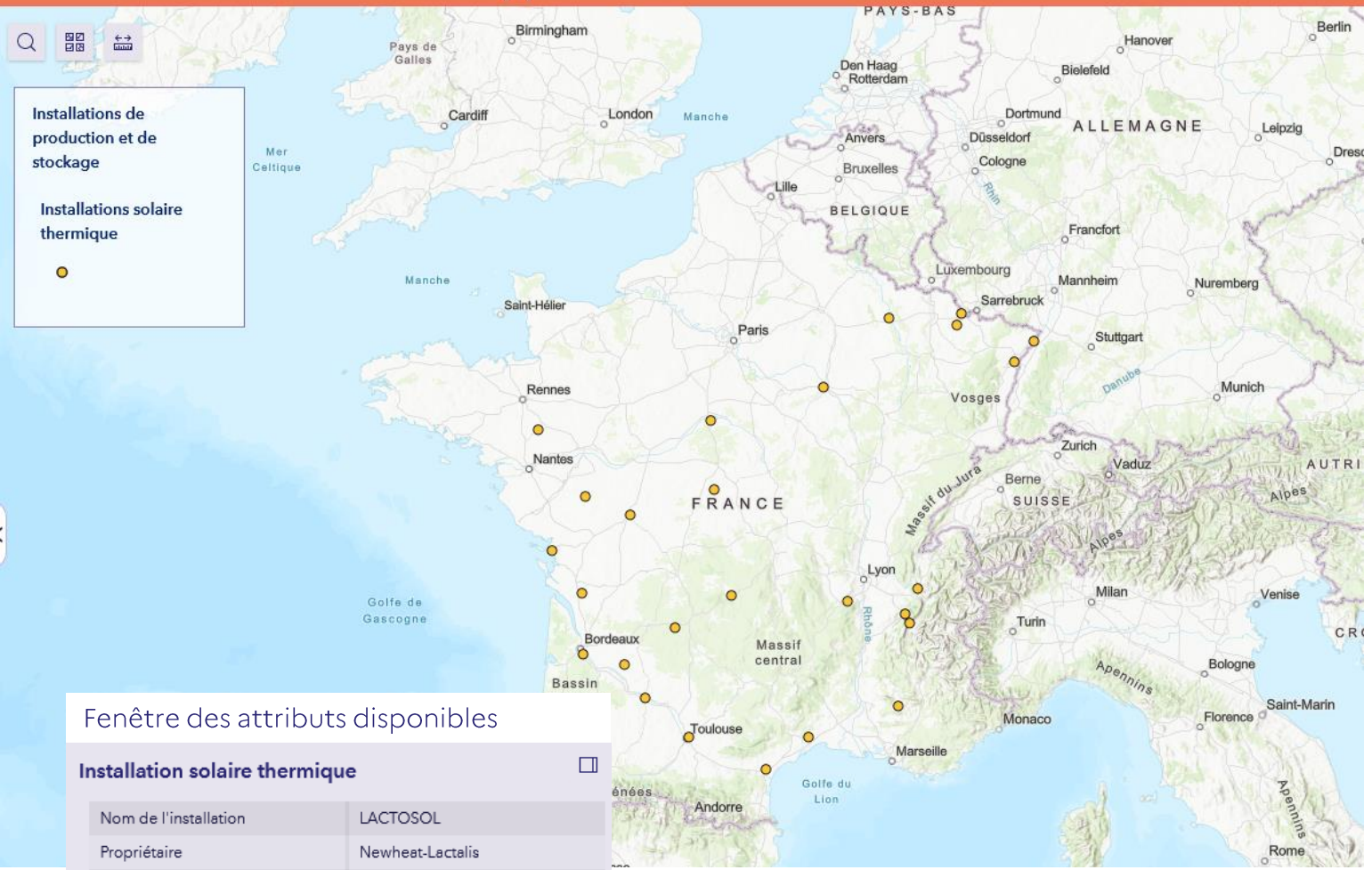


Local technique du champs solaire du réseau de Châteaubriand

LES INSTALLATIONS SOLAIRES THERMIQUES EN FRANCE

Dans le cadre du projet EnRezo, une carte des installations solaires thermiques a été réalisée. Elles recensent 26 installations en France hexagonale. Pour chacune d'entre elles, un certain nombre d'informations sont disponibles.

Potentiel de développement des réseaux de chaleur et de froid



Installations de production et de stockage

Installations solaire thermique

Fenêtre des attributs disponibles

Installation solaire thermique

Nom de l'installation	LACTOSOL
Propriétaire	Newheat-Lactalis
Usage	Industrie
Production/an en MWh	8 000
Capacité en kWh th	0
Type de capteur	Plan vitré
Surface de capteurs en m ²	15 000
Stockage en m ³	3 000
Début d'exploitation	2023
Commune	Verdun
Qualité_XY	1
Source	INES

Zoom sur

ACCÈS AUX DONNÉES
[Portail EnRezo](#)

3/ Classification des installations solaires thermiques

Afin de faciliter la présentation et l'analyse des résultats, une classification des installations solaires thermiques est utilisée. Elle repose sur celle retenue dans le cadre des appels à projets sur les grandes installations solaires thermiques (APP GIST).

L'AAP GIST précise également que pour les opérations sur réseaux de chaleur, l'installation doit permettre de couvrir plus de 10% des besoins totaux du réseau.

Source : Ademe

1/ LES CENTRALES SOLAIRES THERMIQUES

1/a. d'une surface totale de capteurs $\geq 500 \text{ m}^2$ pour les installations dédiées

1/b. d'une surface totale de capteurs $\geq 1\,500 \text{ m}^2$ pour les installations couplées à un réseau de chaleur avec stockage

2/ LES SYSTÈMES SOLAIRES COMBINÉS

En logements collectifs ou bâtiments tertiaires, couplés ou non à un réseau de chaleur avec une surface de capteurs $\geq 250 \text{ m}^2$.

3/ LES POMPES À CHALEUR SOLAIRES

Destinées à la production d'eau chaude sanitaire (ECS) avec une surface totale de capteurs $\geq 250 \text{ m}^2$.

CLASSIFICATION

Plus de $1\,500 \text{ m}^2$ de capteurs

Entre 500 et $1\,500 \text{ m}^2$ de capteurs

Entre 250 et 500 m^2 de capteurs

Moins de 250 m^2 de capteurs

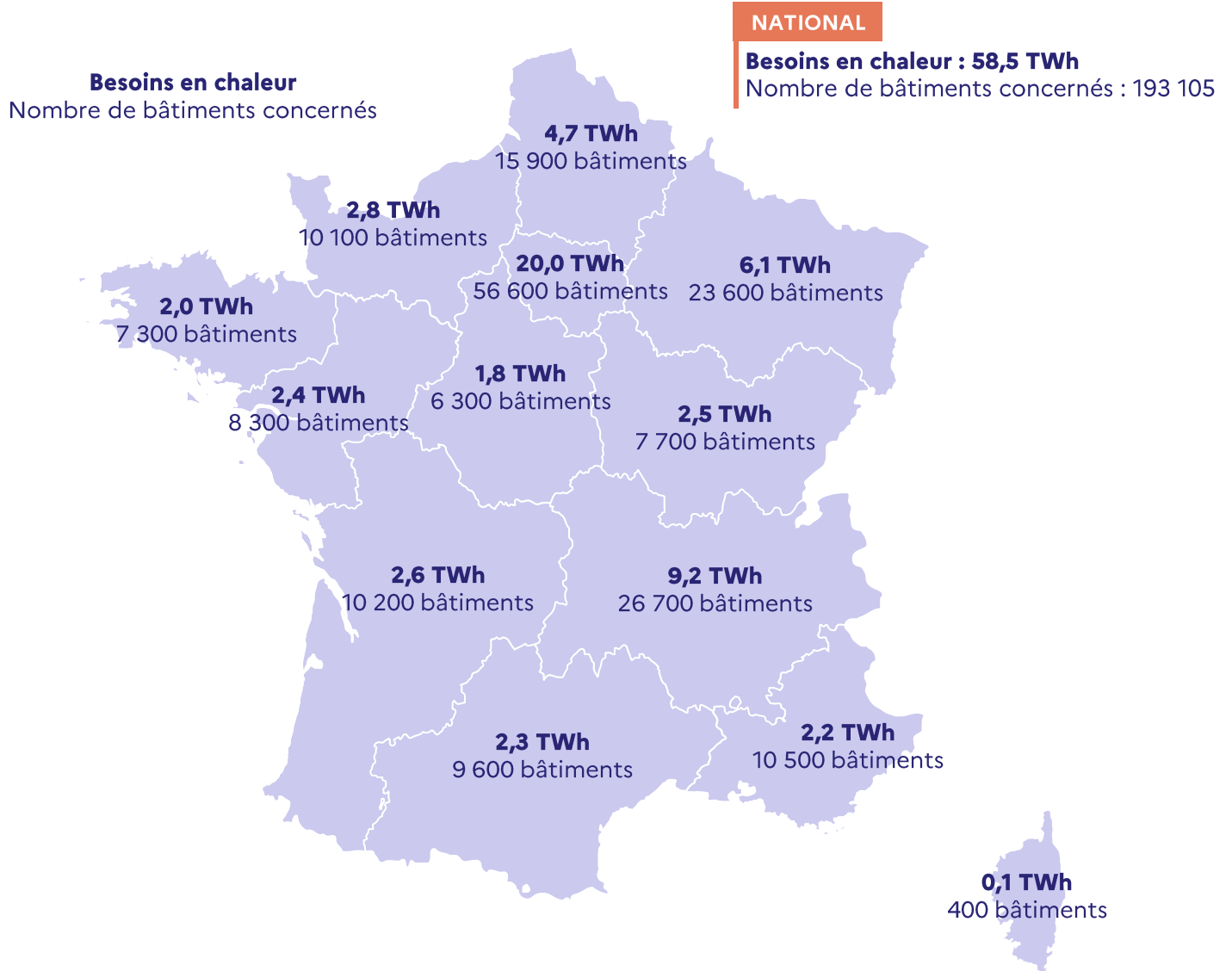
Un focus spécifique est fait pour les installations de **plus de $1\,500 \text{ m}^2$** de surface de capteurs, les plus intéressantes à valoriser sur réseaux de chaleur.



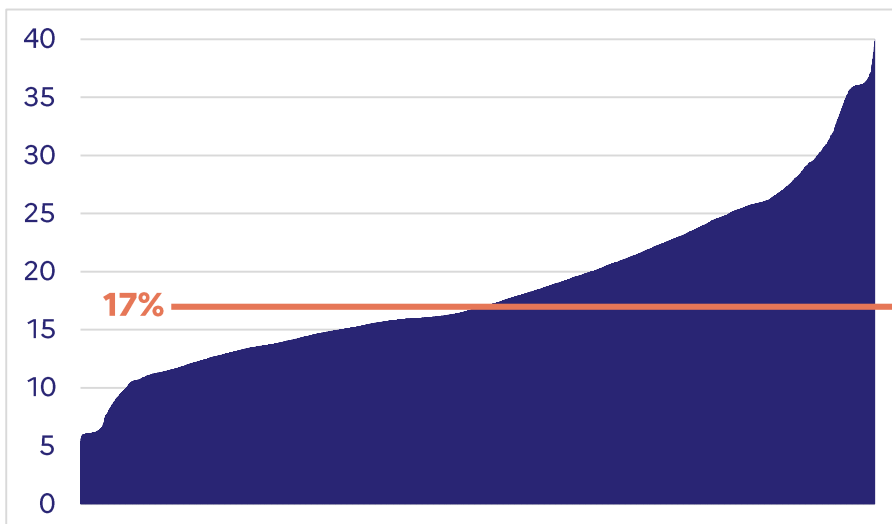
Centrale solaire de Pons © Newheat

4/ Application aux zones à « fort potentiel »

RÉPARTITION RÉGIONALE DES ZONES À « FORT POTENTIEL »



RÉPARTITION DES PARTS D'ECS (EN %) DANS LES BESOINS EN CHALEUR TOTAUX PAR ZONE D'OPPORTUNITÉ À « FORT POTENTIEL »



L'ECS représente de **5%** à **40%** des besoins en chaleur de la zone en lien avec des typologies de bâtiments assez variées (hébergement de loisirs ouvert une partie de l'année, hébergement de santé, etc.). La **médiane** se situe à **17%**.

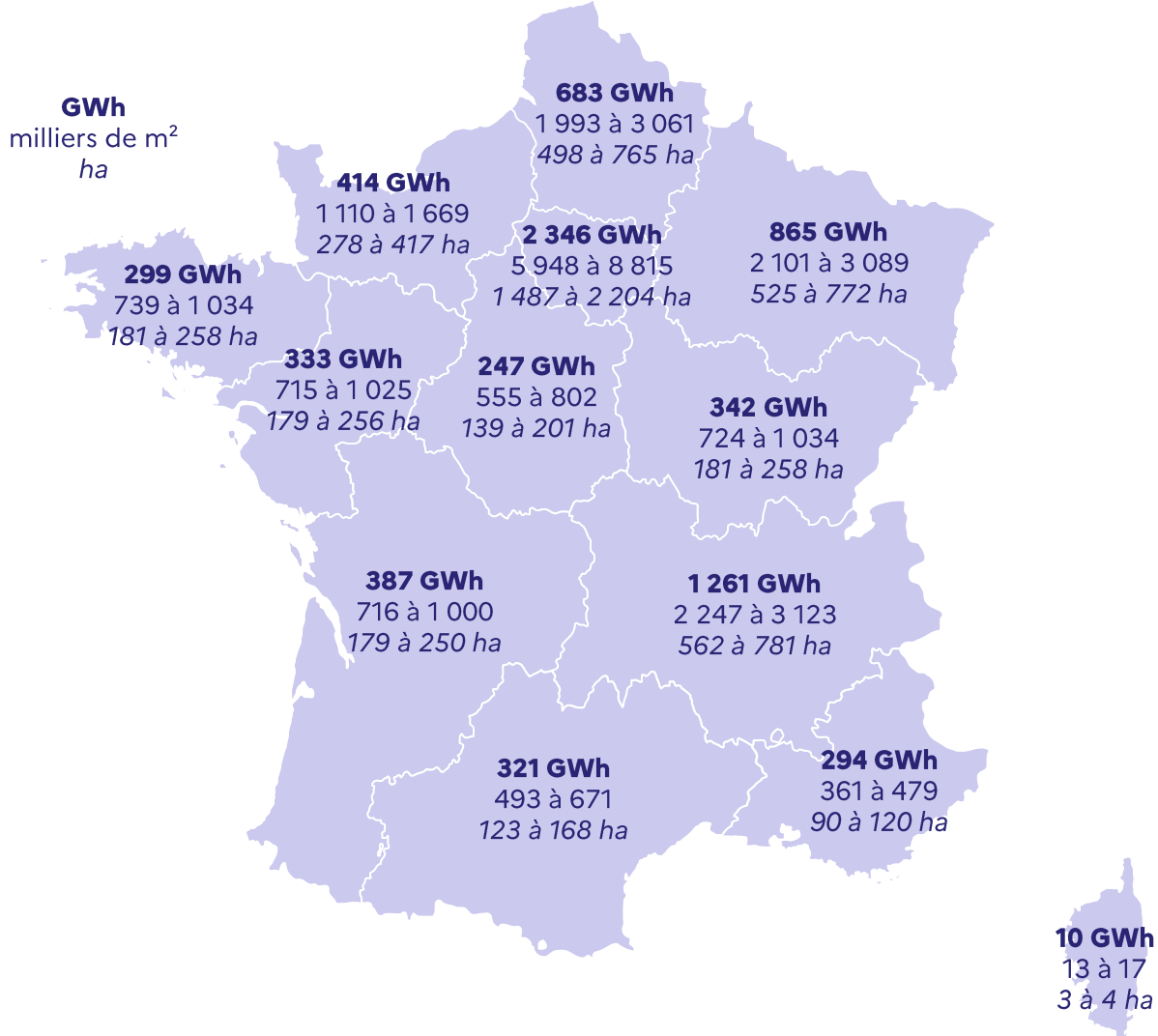
RÉSULTATS PAR RÉGION

NATIONAL

Besoins couverts par le solaire (80% de l'ECS des zones à « fort potentiel ») : 7 802 GWh

Surface de capteurs solaires nécessaires pour couvrir 80% de l'ECS : 17 713 à 25 876 milliers de m²
(en fonction du régime de température du réseau de chaleur)

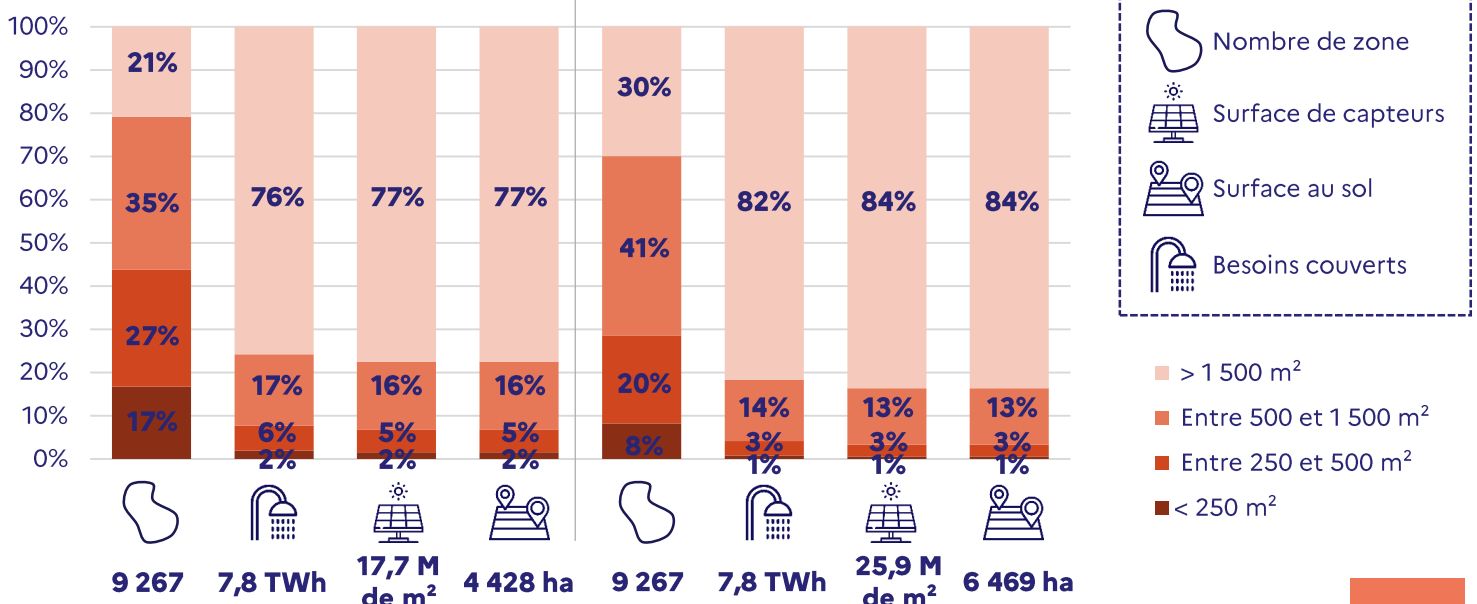
Surface au sol nécessaire pour accueillir les capteurs solaires : 4 428 à 6 469 ha



RÉPARTITION DES ZONES D'OPPORTUNITÉ À « FORT POTENTIAL » PAR CATÉGORIE

RÉSEAU DE CHALEUR BASSE TEMPÉRATURE
55°C/70°C en été et 60°C/80°C en hiver

RÉSEAU DE CHALEUR HAUTE TEMPÉRATURE
70°C/90°C toute l'année



ZOOM SUR LES INSTALLATIONS DE PLUS DE 1 500 M² DE CAPTEURS

Les installations de plus de 1 500 m² de capteurs représentent **20 à 30%** des zones d'opportunités à « fort potentiel » définies dans EnRezo (en nombre). Elle permettent de produire environ **6 TWh** soit environ 10% des besoins en chaleur des zones à « fort potentiel ».



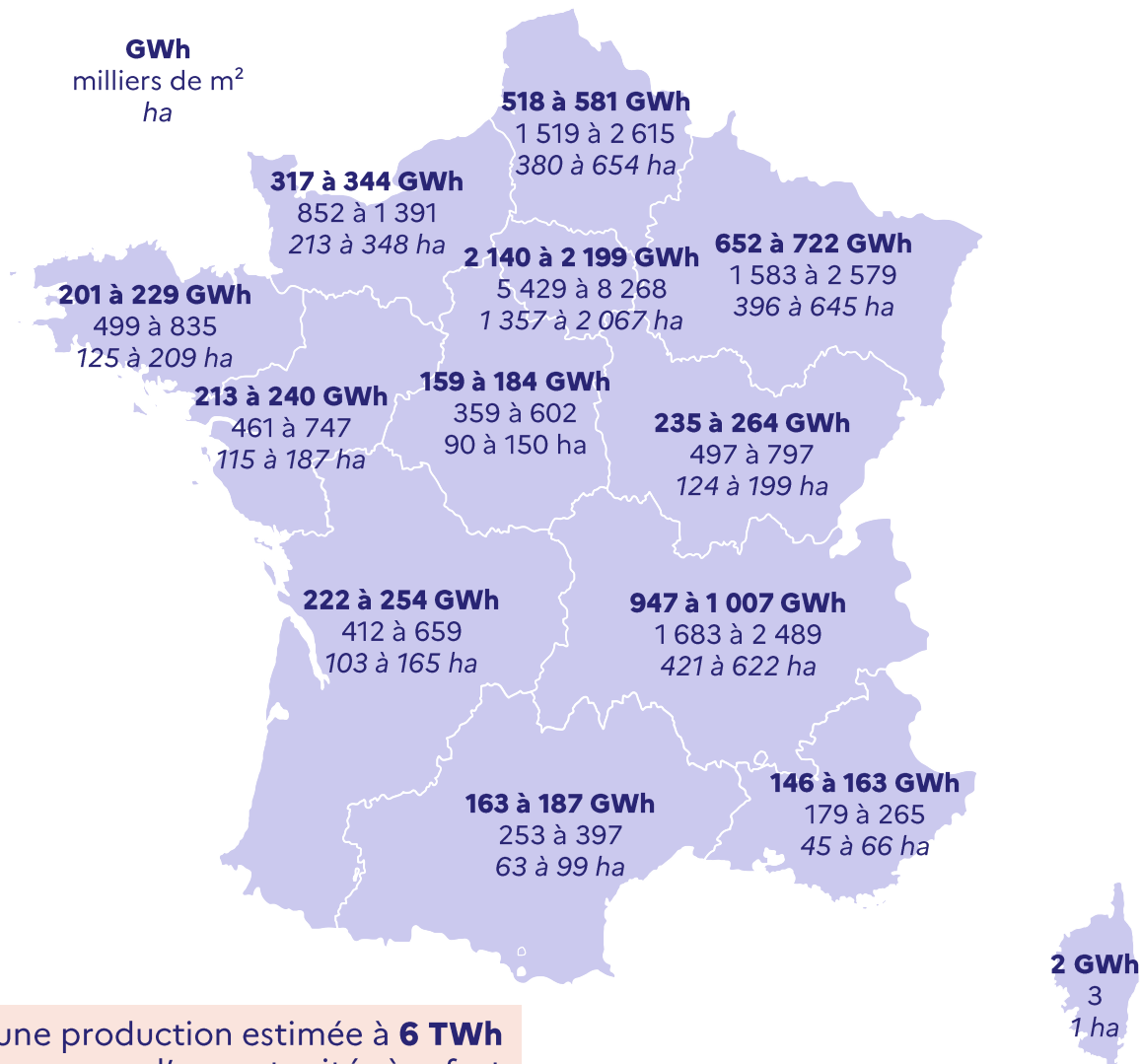
Centrale solaire de Narbonne © Newheat

Installations de plus de 1 500 m²

Besoins couverts par le solaire (80% de l'ECS des zones à « fort potentiel ») : 5,9 à 6,4 TWh

Surface de capteurs solaires nécessaires pour couvrir 80% de l'ECS : 13 726 à 21 647 milliers de m² (en fonction du régime de température du réseau de chaleur)

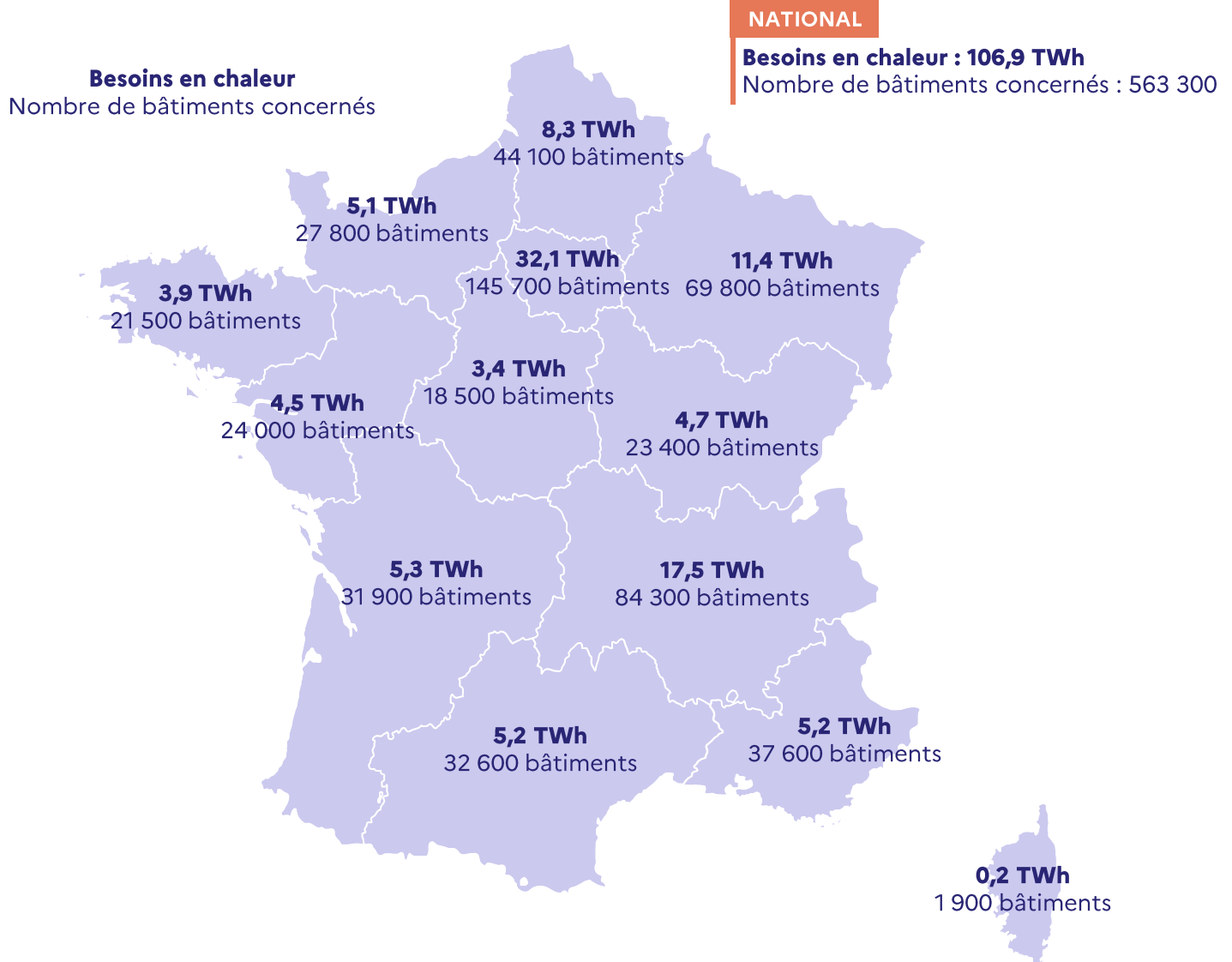
Surface au sol nécessaire pour accueillir les capteurs solaires : 3 432 à 5 412 ha



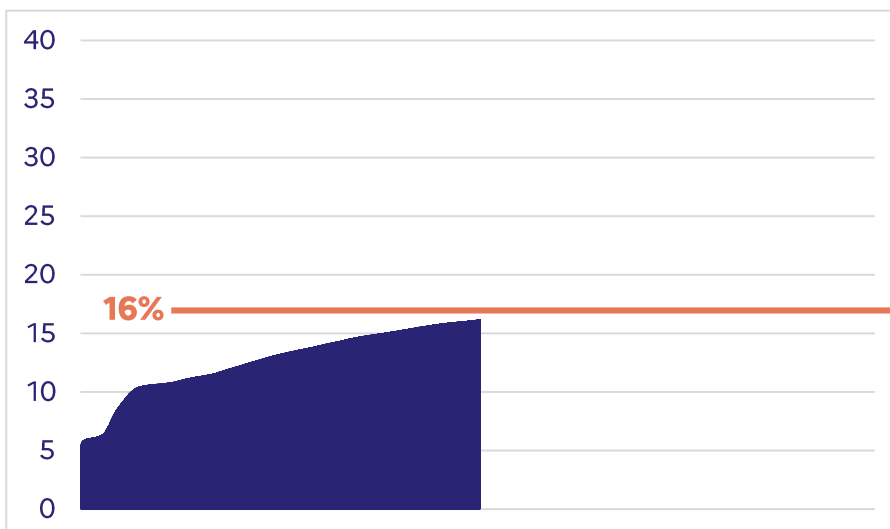
Avec une production estimée à **6 TWh** pour les zones d'opportunités à « fort potentiel », les installations solaires thermiques de plus de 1 500 m² permettent de répondre à **100%** de l'objectif 2030 de la SFEC (cf. p.6).

5/ Application aux zones à « potentiel »

RÉPARTITION RÉGIONALE DES ZONES À « POTENTIEL »



RÉPARTITION DES PARTS D'ECS (EN %) DANS LES BESOINS EN CHALEUR TOTAUX PAR ZONE D'OPPORTUNITÉ À « POTENTIEL »



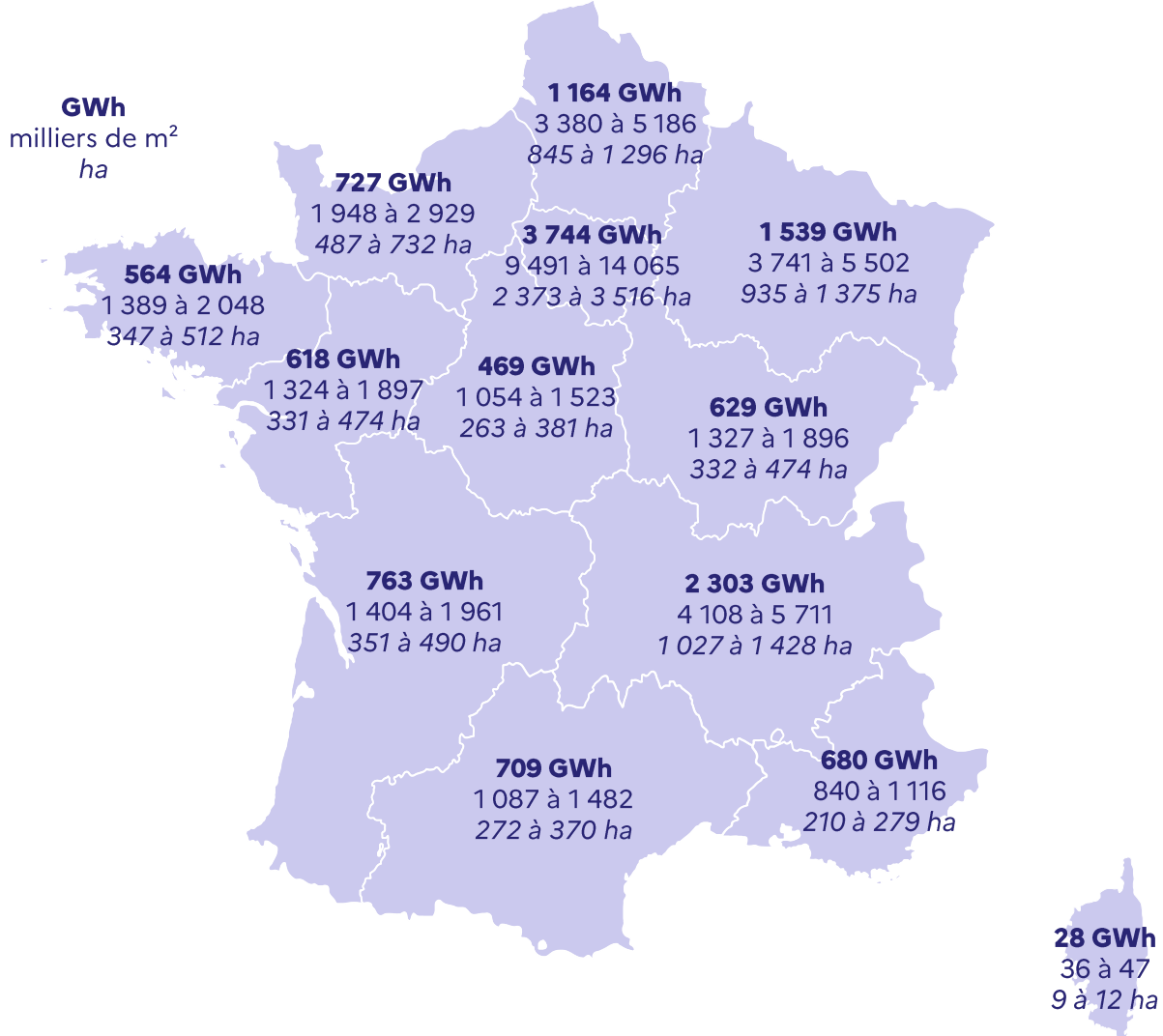
L'ECS représente de **5%** à **40%** des besoins en chaleur de la zone en lien avec des typologies de bâtiments assez variées (hébergement de loisirs ouvert une partie de l'année, hébergement de santé, etc.). La **médiane** se situe à **16%**.

RÉSULTATS PAR RÉGION

NATIONAL Besoins couverts par le solaire (80% de l'ECS des zones à « potentiel ») : 13 936 GWh

Surface de capteurs solaires nécessaires pour couvrir 80% de l'ECS : 31 129 à 45 361 milliers de m²
(en fonction du régime de température du réseau de chaleur)

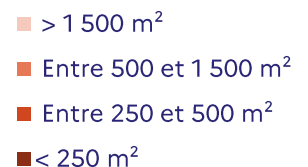
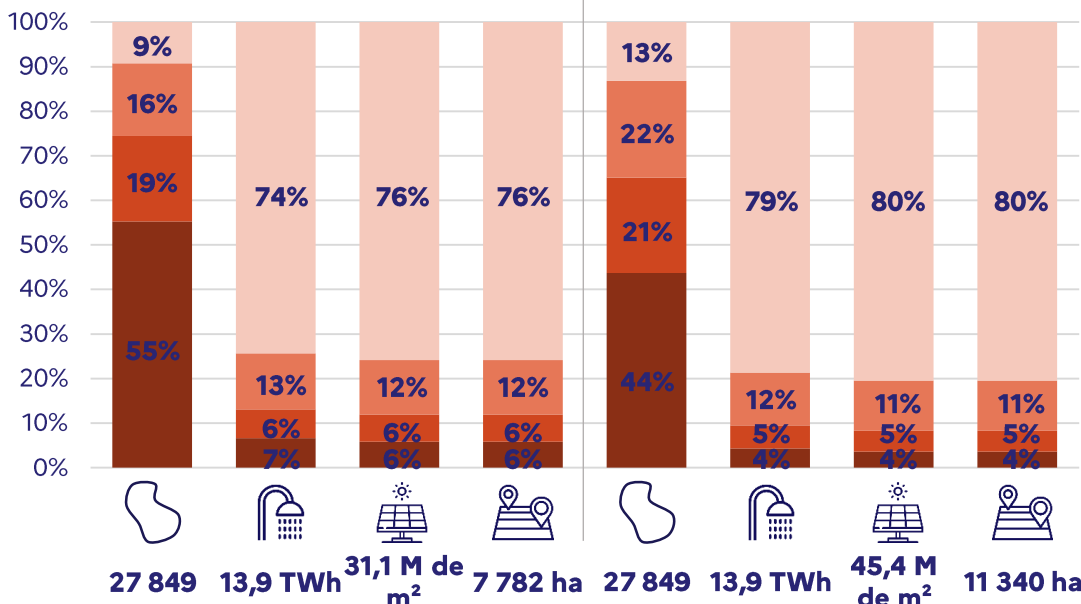
Surface au sol nécessaire pour accueillir les capteurs solaires : 7 782 à 11 340 ha



RÉPARTITION DES ZONES D'OPPORTUNITÉ À « POTENTIEL » PAR CATÉGORIE

RÉSEAU DE CHALEUR BASSE TEMPÉRATURE 55°C/70°C en été et 60°C/80°C en hiver

RÉSEAU DE CHALEUR HAUTE TEMPÉRATURE 70°C/90°C toute l'année



ZOOM SUR LES INSTALLATIONS DE PLUS DE 1 500 M² DE CAPTEURS

Les installations de plus de 1 500 m² de capteurs représentent environ **10%** des zones d'opportunités à « potentiel » définies dans EnRezo (en nombre). Elle permettent de produire environ **10,5 TWh** soit environ 10% des besoins en chaleur des zones à « potentiel ».



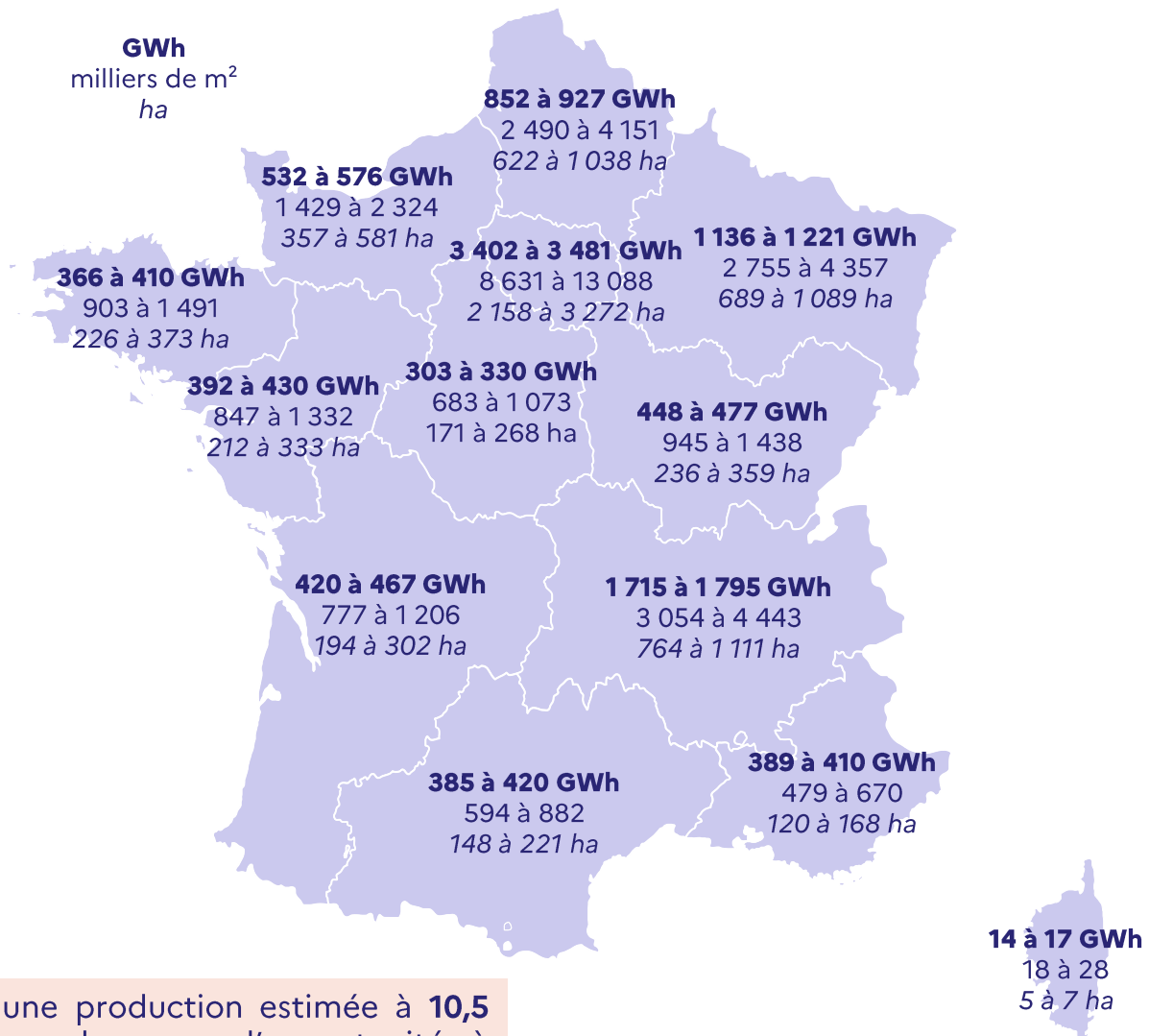
Panneaux solaires

Installations de plus de 1 500 m²

Besoins couverts par le solaire (80% de l'ECS des zones à « potentiel ») : 10,4 à 11 TWh

Surface de capteurs solaires nécessaires pour couvrir 80% de l'ECS : 23 604 à 36 485 milliers de m² (en fonction du régime de température du réseau de chaleur)

Surface au sol nécessaire pour accueillir les capteurs solaires : 5 901 à 9 121 ha



Avec une production estimée à **10,5 TWh** pour les zones d'opportunités à « potentiel », les installations solaires thermiques de plus de 1 500 m² permettent de répondre à **100%** de l'objectif 2035 de la SFEC (cf. p.6).

6/ Visualisation cartographique

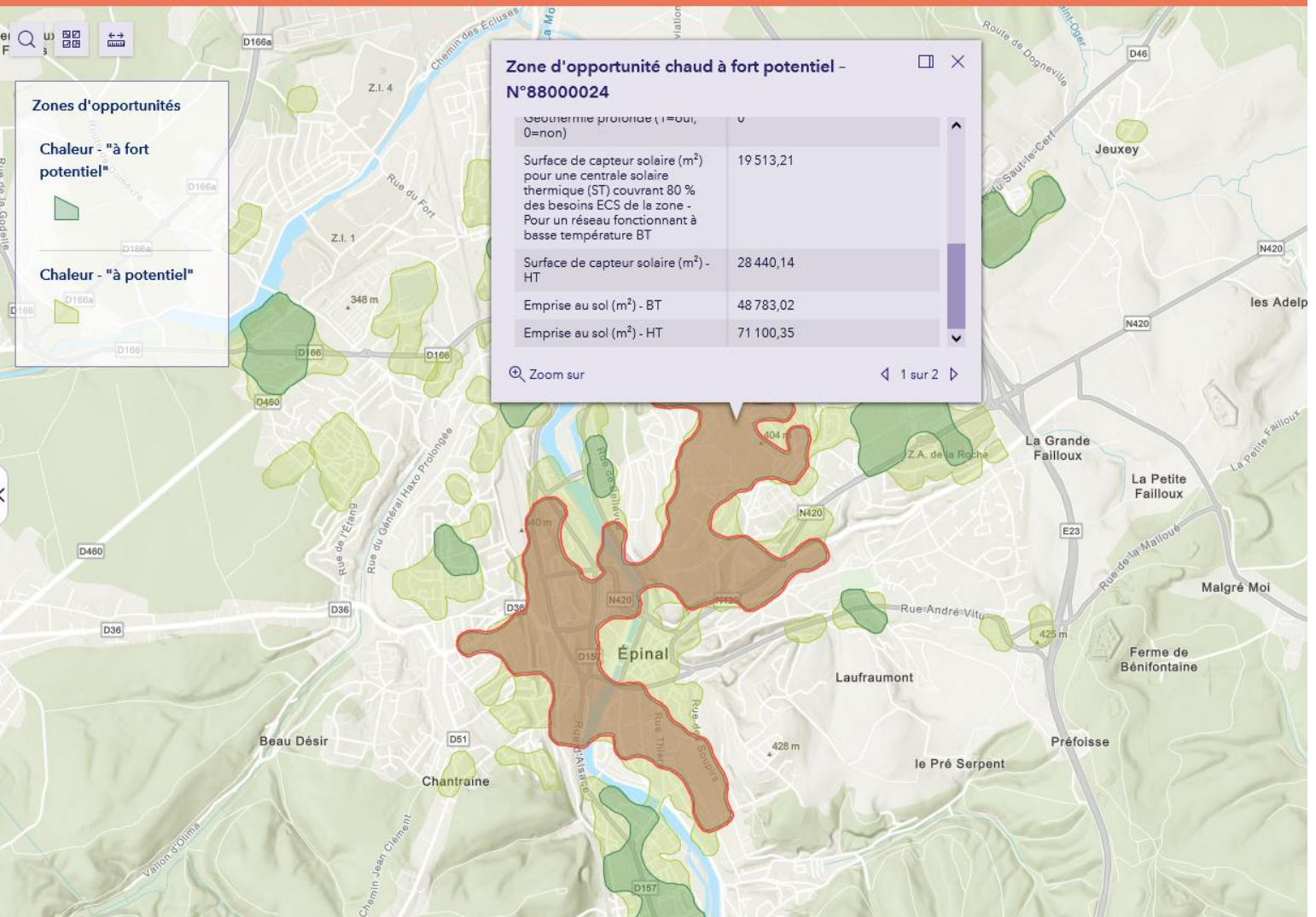
Depuis la plateforme cartographique, pour chaque zone d'opportunité « à potentiel ou « à fort potentiel », les informations concernant le développement éventuel d'une installation solaire thermique sont reprises. Les informations sont toujours données pour un taux de couverture par le solaire thermique correspondant à 80% des besoins en eau chaude sanitaire (ECS) de la zone.

Les **INFORMATIONS DISPONIBLES** par zone d'opportunité :

- **SURFACE DE CAPTEUR SOLAIRE** (en m²) pour couvrir 80% des besoins en ECS pour un réseau basse température (BT) ou haute température (HT)
- **EMPRISE AU SOL NÉCESSAIRE** (en m²) pour accueillir l'installation en régime basse température (BT) ou haute température (HT)



Potentiel de développement des réseaux de chaleur et de froid



7/ Synthèse

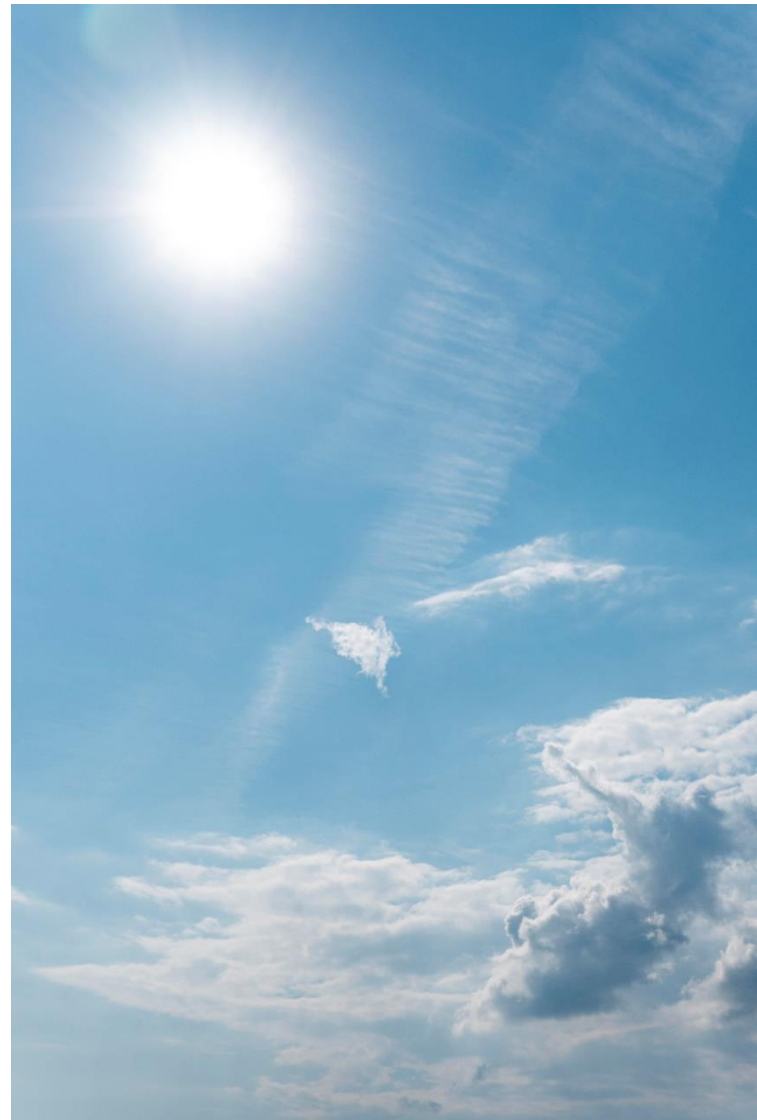
Pour les zones à « fort potentiel », la surface au sol nécessaire pour couvrir une production de 7,8 TWh (correspondant à 80% des besoins en ECS des zones « à fort potentiel ») est comprise entre 4 428 et 6 469 ha suivant le régime de température mobilisé sur le réseau. A titre de comparaison, cette surface correspond entre 3 et 7% de la surface de friches industrielles estimées au niveau national. Les 7,8 TWh couverts correspondent quant à eux à 130% de l'objectif SFEC solaire thermique de 2030 et 80% de celui de 2035.

Pour les zones à « potentiel », la surface au sol nécessaire pour couvrir une production de 13,9 TWh (correspondant à 80% des besoins en ECS des zones « à potentiel ») est comprise entre 7 782 à 11 340 ha suivant le régime de température mobilisé sur le réseau. A titre de comparaison, cette surface correspond entre 5 et 13% de la surface de friches industrielles estimées au niveau national. Les 13,9 TWh couverts correspondent quant à eux à 230% de l'objectif SFEC solaire thermique de 2030 et 140% de l'objectif SFEC de 2035.

Concernant **les installations de plus de 1 500 m²**, elles permettent de répondre à 100% de l'objectifs de la SFEC en 2030 (pour les zones « à fort potentiel ») et en 2035 (pour les zones « à potentiel »). Suivant les cas considérés, les surfaces pour remplir ces objectifs vont de 3 432 à 9 121 ha soient entre 2% et 10% des surfaces de friches industrielles estimées au niveau national.

Entre **90 000** et **150 000 ha** sont occupés par les **friches industrielles** en France en 2020.


 Pour en savoir plus :
 Portail de l'artificialisation des sols



ACCÈS AUX DONNÉES
[Portail EnRezo](#)

CONTACT
reseaux-chaleur@cerema.fr

RÉDACTION ET MISE EN FORME
 Cindy Melfort (Cerema)

RELECTURE
 Alexandre Bacquet (Newheat)
 Christophe Gawsewitch (Ademe)
 Luc Petitpain (Cerema)

