Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE
ET SOLIDAIRE

Cerema
Ouest

RÉSEAUX DE CHALEUR et ÉNERGIE SOLAIRE THERMIQUE

©JF-Mousseau

© Gérard Crossay - Terra

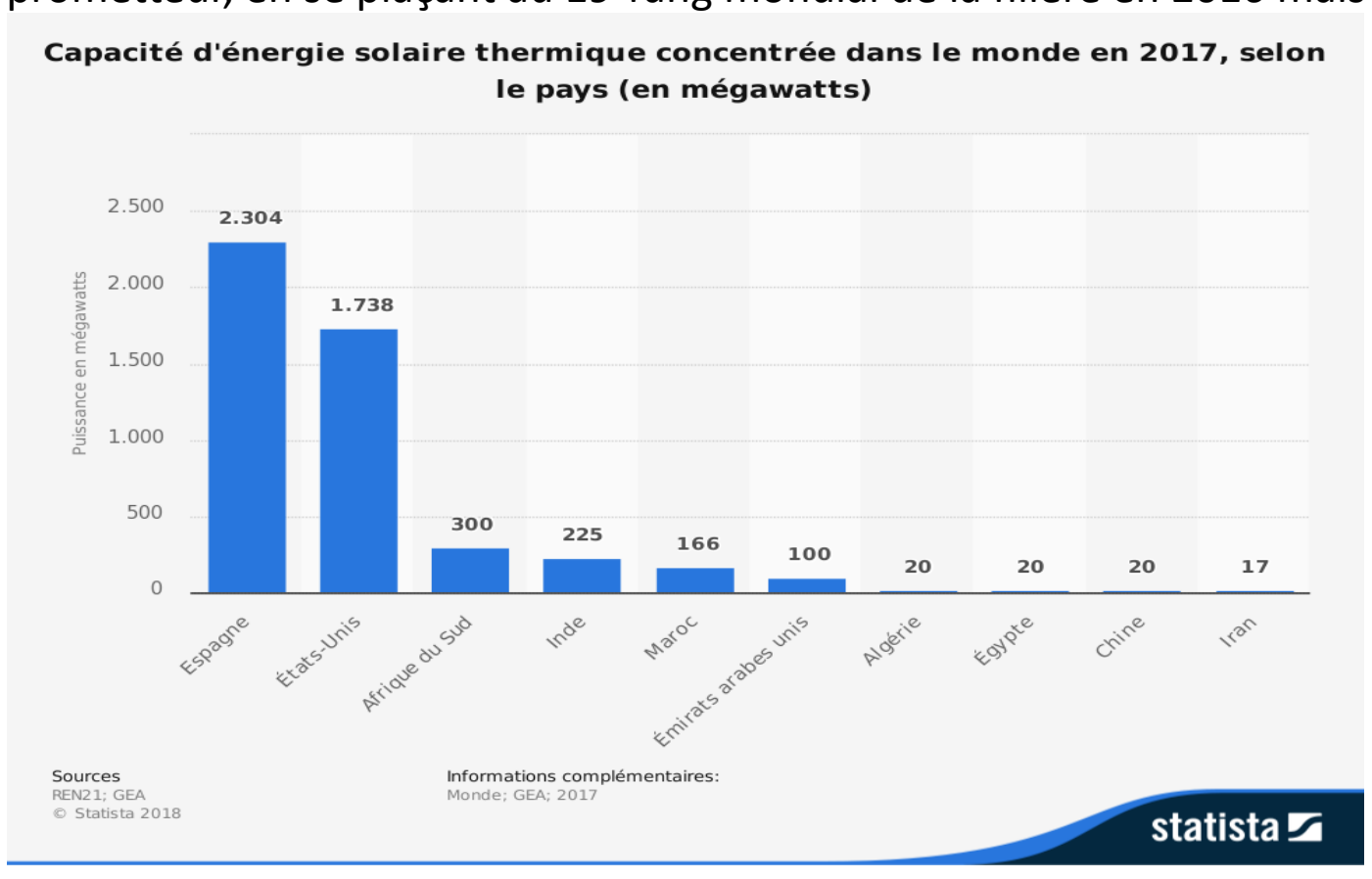
© Cerema

©Arnaud Boissou- Terra

Janvier 2019

ÉTAT DES LIEUX DE LA FILIÈRE

L'utilisation de chaleur solaire en réseau est déjà largement développée dans le monde. Certains pays ont en effet une capacité d'énergie solaire thermique importante à l'image de l'Espagne avec une capacité de 2,3 MW et des États Unis avec 1,7 MW.
Au Canada, le premier réseau de chaleur solaire thermique d'Amérique du Nord a été créé à Drake Landing, dans la province de l'Alberta, il y a une dizaine d'années. Il alimente 52 logements et couvre plus de 90% de leur besoin en chaleur.
L'Afrique du Sud, au troisième rang mondial des capacités en énergie solaire thermique, connaît un démarrage tardif mais prometteur, en se plaçant au 19°rang mondial de la filière en 2016 mais en tête de file des pays africains.

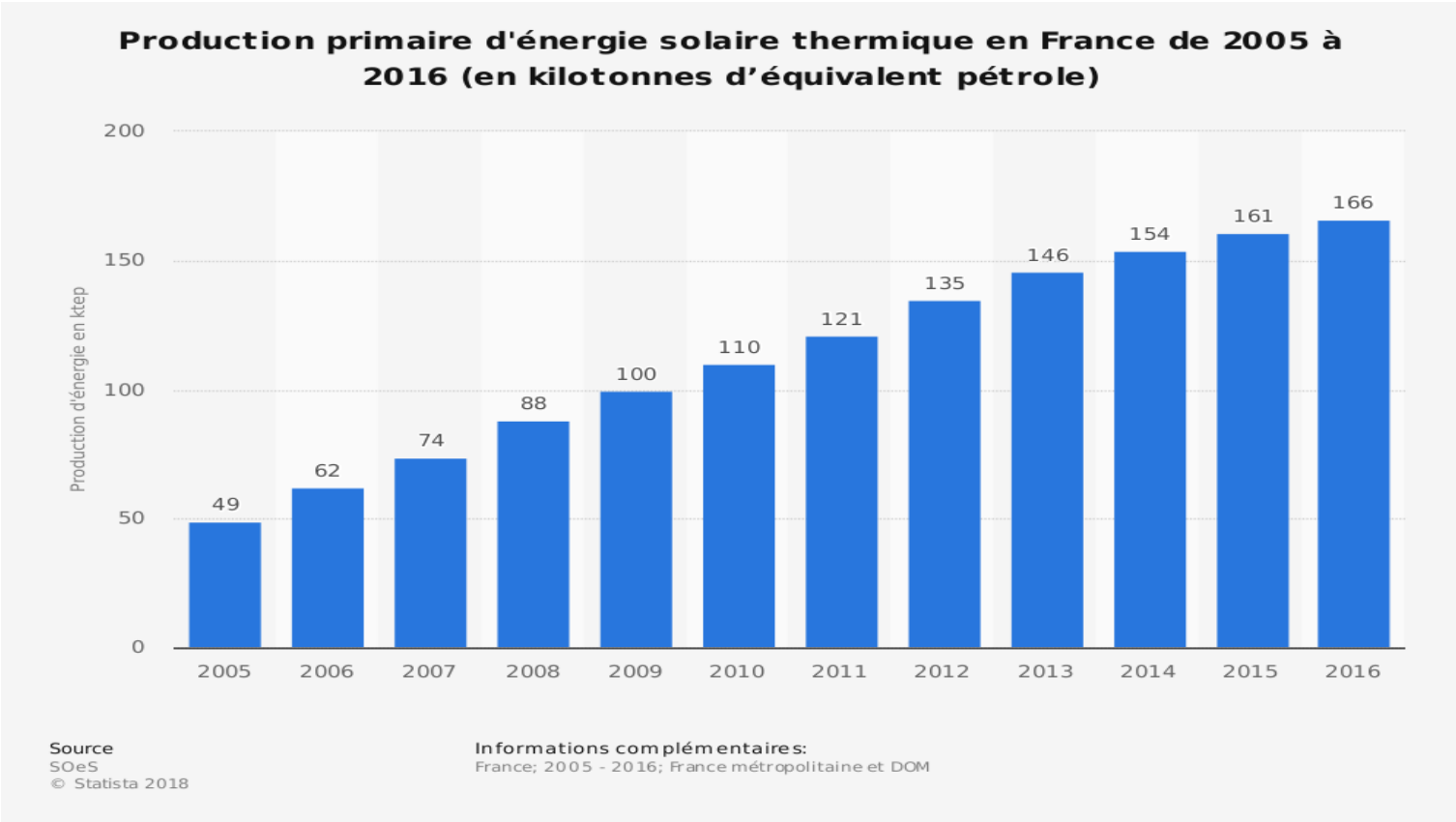


En Europe, c'est en Scandinavie que ces réseaux sont les plus florissants alors même que les capacités d'énergie solaire thermique sont limitées et ce, grâce à une politique énergétique tournée vers les énergies renouvelables depuis les années 70.
La plus grande centrale solaire thermique mondiale est installée à Silkborg, dans le centre du Danemark. Des capteurs solaires thermiques au sol fournissent de la chaleur par un réseau à un prix compétitif à plus de 40000 personnes.

En Allemagne, des capteurs solaires thermiques intégrés en toiture et combinés à un stockage inter-saisonnier permettent de couvrir jusqu'à 50% des besoins de chaleur de plusieurs quartiers résidentiels. Au total, ce sont plus de 15 réseaux de chaleur qui sont alimentés pour partie par de l'énergie solaire thermique.

Source : Tecsol - La centrale solaire thermique de Silkeborg comporte 22 km de canalisations qui relient 12 436 panneaux solaires, couvrant une surface équivalente à 20 terrains de football

Source : Jenni.ch – Mis en place d'un accumulateur pour le stockage inter-saisonnier et capteurs sur toiture du réseau de chaleur de Chemnitz, Allemagne.



La France est en retard concernant le développement du solaire thermique, alors qu'elle dispose du 5e gisement européen solaire. Cependant, durant ces dix dernières années, sa production primaire d'énergie solaire thermique a été multipliée par trois.

ÉTAT DES LIEUX DE LA FILIÈRE

CHIFFRES CLES DE LA FILIÈRE EN FRANCE

Source : Solar District Heating – Ademe - SDES

- 166 kTep de production de la filière solaire thermique en 2016
- 0,O98 Mtep de consommation primaire de solaire thermique pour la production de chaleur (2015)
- 13 réseaux en service en 2018 dont 6 de grande taille (capacité ≥ 700 kWth)
- 11,4 km² de surface totale pour les installations de grande taille
- 8 Mwth de capacité de capteurs solaires pour les installations de grande taille
- 5 % des aides Ademe sur les opérations d'investissement a été dédié au solaire thermique pour la période 2009-2017 (réseaux de chaleur compris)
- Coûts de production : varient entre 50 €/MWh solaire utile pour les plus grandes centrales (> 10 000 m2) à 80 €/MWh pour les centrales les plus petites (< 2 000 m²)

La France compte aujourd'hui 6 installations de grande taille mais des projets de moins grande ampleur permettent aussi de développer la filière.

Lieu d'implantation	Début des opérations	Exploitant	Commune	Surface (m)²	Capacité (kWth)
Hautepierre	2009	CUS Habitat	Strasbourg	4311	3018
Châteaubriant	2017	Ville de Châteaubriant	Châteaubriant	2340	1638
Chasseneuil-du-Poitou	2016	Bonilait Protéines	Chasseneuil-du-Poitou	1470	1000
Les Salines	2005	Ville de La Rochelle	La Rochelle	1164	815
CHR Orléans	2013	CHR Orléans	Orléans	1130	791
Fonsala	2012	Gier Pilat Habitat	Saint-Chamond	990	693

Données du site de Solar District Heating – extrait de la liste des 195 grandes installations de chauffage solaire situées en Europe et d'une puissance nominale supérieure à 700 kWth.

La caserne militaire de Saint-Christol d'Albion (Vaucluse) a parié sur le solaire thermique pour diminuer les émissions de GES de son réseau de chaleur biomasse.
160 miroirs ont été installés pour une production annuelle de 466 MWh. En été, la chaufferie biomasse est arrêtée. La centrale solaire à concentration suffit pour assurer tous les besoins (une piscine, un gymnase, des logements et des bureaux). Pour pallier l'intermittence, l'eau chaude est stockée dans plusieurs réservoirs et la piscine sert, elle aussi, de zone de stockage de chaleur.

Centrale solaire à concentration de Saint-Christol d'Albion (Source : DHCnews.com)

Le réseau de la ZAC de Balma-Gramont, dans l'agglomération toulousaine, est un exemple de développement du solaire thermique en France. Il est alimenté à 85 % en EnR combinant une centrale bois-énergie et une centrale solaire thermique composée de 800 m² de panneaux. Une chaudière gaz vient en appoint (15 %). C'est un réseau basse-température de 1,1 km qui alimente principalement des bâtiments basse consommation (la centrale solaire couvre la moitié des besoins en ECS des abonnés). Les capteurs solaires utilisés amplifient le rayonnement solaire et permettent de produire une eau surchauffée à 130 °C. Plus efficaces que des capteurs classiques, ils nécessitent également moins d'entretien. Un stock de 8m³ d'eau est utilisé pour lisser les appels de puissance ; ce stockage est décentralisé dans les sous-stations installées dans les immeubles.

TECHNOLOGIES

LE FONCTIONNEMENT D'UN RÉSEAU DE CHALEUR SOLAIRE THERMIQUE

L'installation de panneaux solaires thermiques (« ferme solaire » ou « centrale solaire ») permet de chauffer une grande quantité d'eau, qui circule dans le réseau pour le chauffage et/ou l'eau chaude sanitaire des bâtiments raccordés.
L'intermittence de la production d'énergie solaire thermique (dépendante de l'ensoleillement), nécessite l'association à une autre source d'énergie afin de lisser les besoins asynchrones du réseau et ainsi de répondre au besoin en chaleur.
Un stockage d'eau aérien ou souterrain peut cependant être prévu afin d'emmagasiner de la chaleur pendant les périodes d'ensoleillement et la redistribuer progressivement.

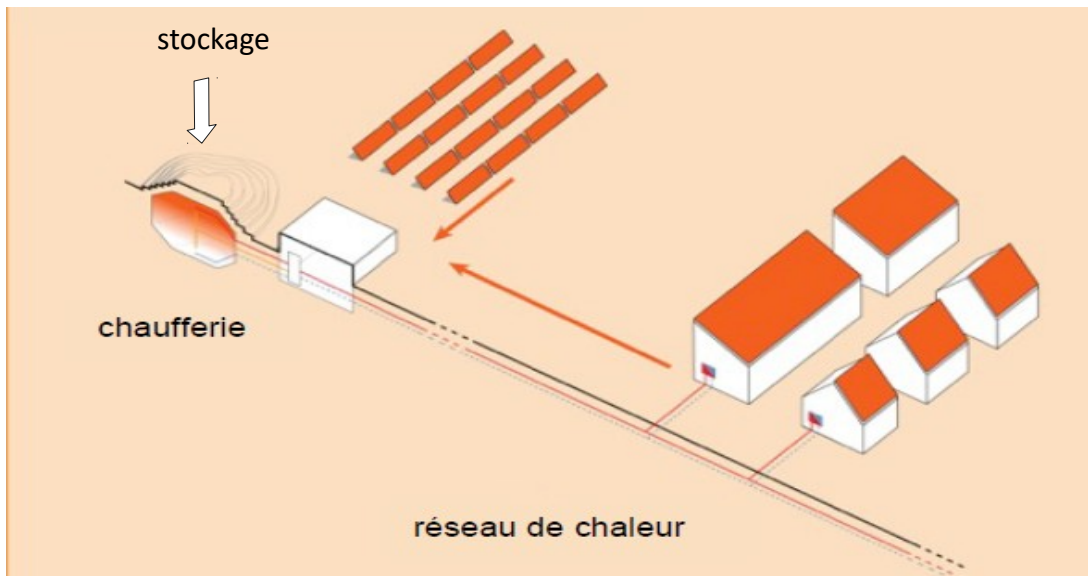
Exemple de stockage aérien** : réservoir de stockage de chaleur d'un volume utile de 40 m³* ***(Photo : Cristopia Energy Systems)

LES TYPES D'INSTALLATIONS

Les capteurs solaires peuvent alimenter une centrale solaire ou directement le circuit primaire du réseau de chaleur.

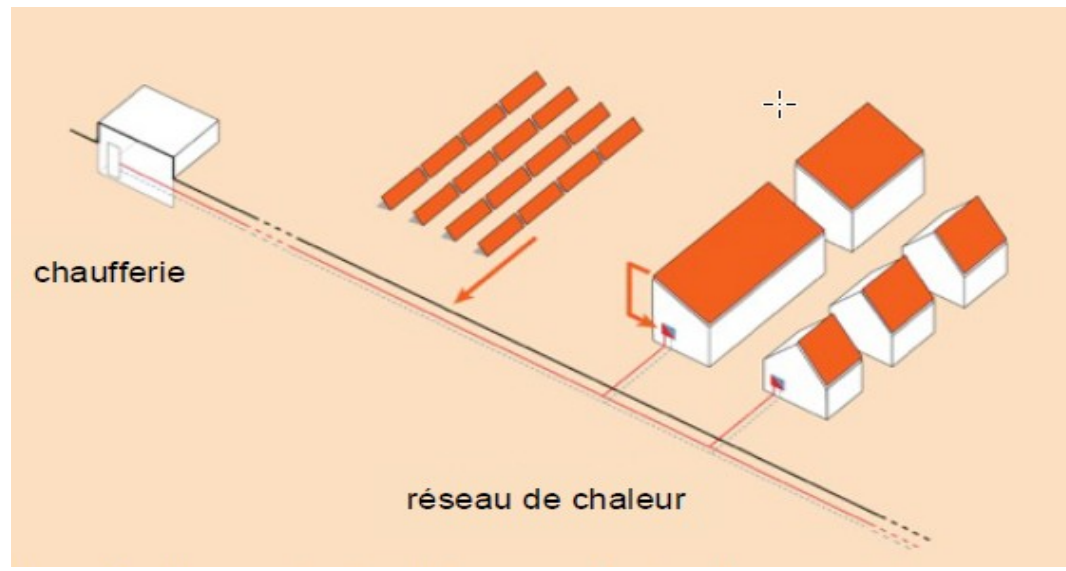
Les installations solaires centralisées

Les capteurs solaires fournissent la chaleur à une chaufferie centrale. Un stockage de chaleur de grande dimension permet d'atteindre un taux de couverture solaire plus élevé.



Les installations solaires décentralisées

Les capteurs solaires sont placés à un endroit approprié et connectés directement au circuit primaire du réseau de chaleur.



Source : Solar District Heating

Les panneaux solaires peuvent être installés directement au sol ou intégrés à des bâtiments et infrastructures (toiture ou couverture de parking). Les îlots installés au sol sont plus simples et pratiques à installer, ils nécessitent cependant la présence de zones appropriées et d'espaces importants.
Les panneaux intégrés aux bâtiments et infrastructures sont plus adaptés au contexte urbain mais leur pose présente parfois des difficultés techniques et des exigences esthétiques.

Source : © Arnaud Bouissou - Terra)

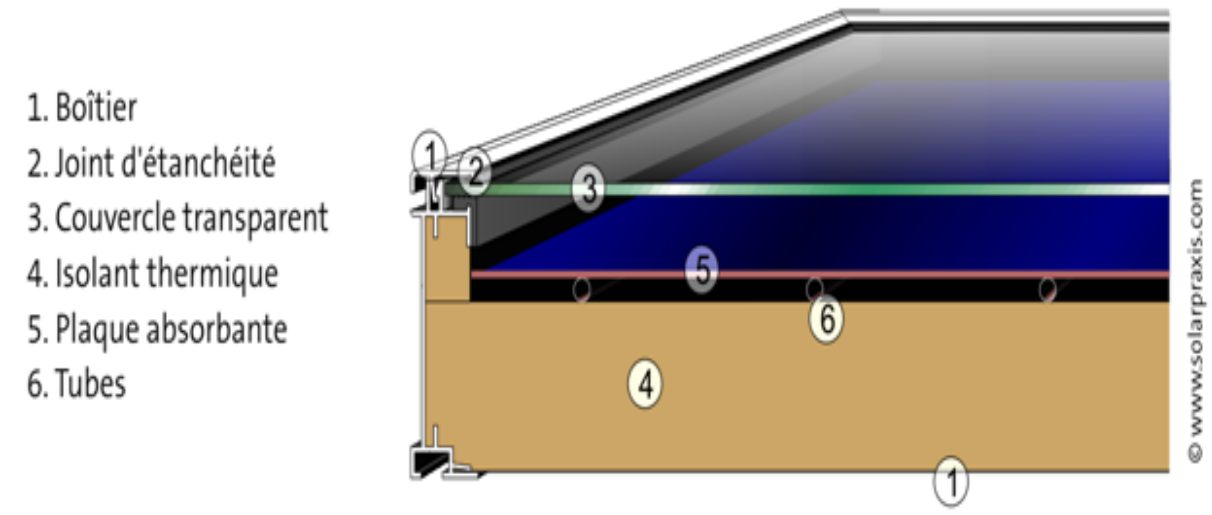
TECHNOLOGIES

LES TYPES DE PANNEAUX SOLAIRES

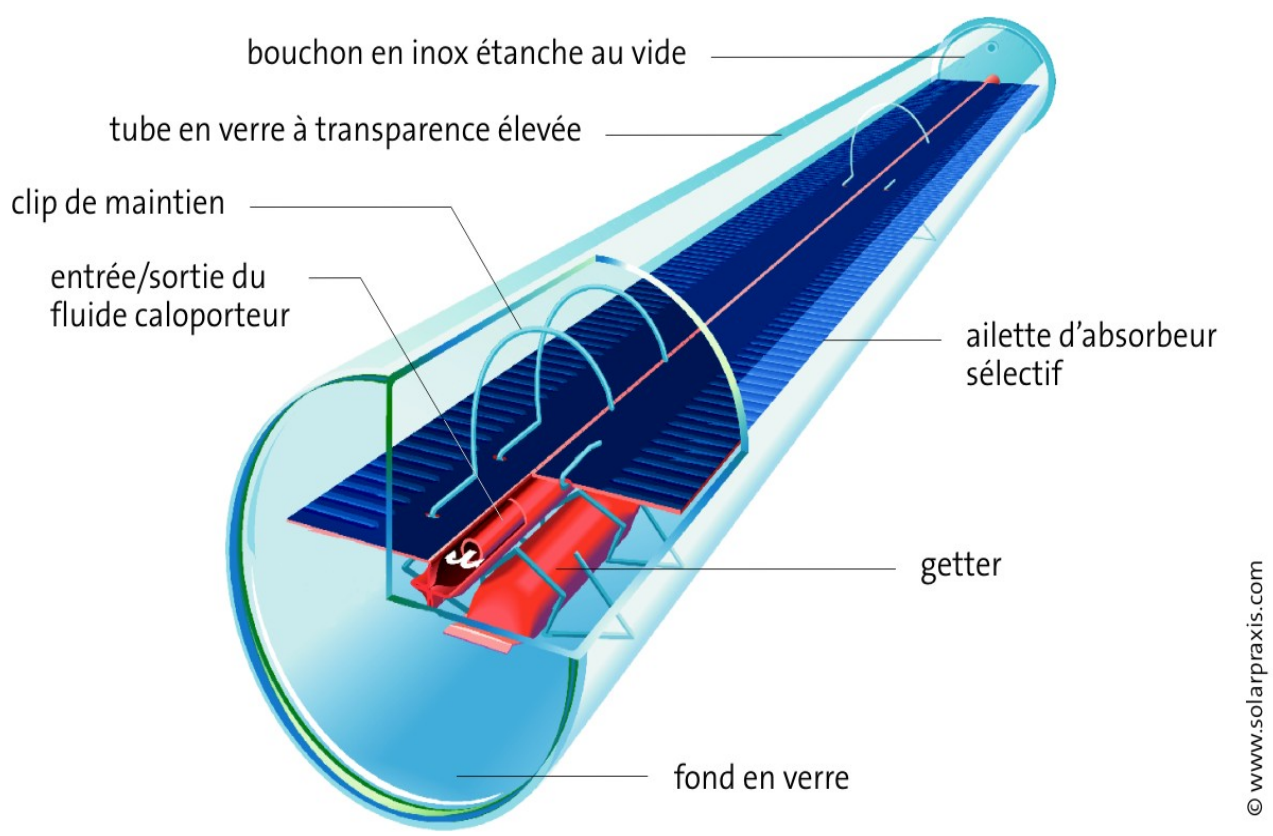
Les panneaux solaires thermiques sont composés de capteurs, qui absorbent la chaleur des rayons du soleil pour chauffer l'eau sanitaire. Il existe plusieurs types de capteurs solaires thermiques.

Les capteurs plans

Le capteur plan vitré, est le modèle le plus répandu. Il est constitué d'une caisse isolée couverte par un vitrage. A l'intérieur est placé l'absorbeur, un serpentin contenant le fluide à chauffer.
Le capteur plan est efficace dans les régions bien ensoleillées.



Les capteurs à tubes sous vide



Ils sont constitués d'une série de tubes transparents sous vide qui isolent l'absorbeur. Le vide permettant de réduire les déperditions de chaleur par convection et par conduction thermique. Ce type de capteurs réagit avec moins d'inertie que les capteurs conventionnels. Ils s'échauffent plus rapidement et ils permettent de mieux tirer partie des petites périodes d'ensoleillement. Ils sont donc souvent utilisés dans les pays froids avec un ensoleillement faible en hiver. Comme les capteurs à tubes sous vide peuvent atteindre des températures extrêmes de plus de 150° C, le fluide caloporteur est spécialement développé pour ce genre d'installation. Les déperditions étant réduites, le rendement est nettement supérieur.

Les systèmes thermiques concentrés

Un système solaire à concentration thermodynamique exploite le rayonnement du Soleil en orientant, au moyen de miroirs, les rayons solaires vers un fluide caloporteur chauffé à haute température.. Ce système thermique concentré permet d'atteindre des niveaux de température bien supérieurs à ceux des systèmes thermiques classiques non concentrés. Il est possible, par la concentration, de chauffer des fluides à des températures de l'ordre de 250 à 1 000°C.

Tour solaire à concentration (© 2011)

ATOUTS ET PERSPECTIVES

Les réseaux de chaleur représentent un fort potentiel pour le développement de la filière solaire thermique

1 / D'un point de vue économique, le solaire thermique permet une stabilité des coûts de production de la chaleur grâce aux économies d'échelles réalisées.

	Caractéristiques techniques		
Hypothèses	Périmètre	France Sud	
	Type	STC*	ST sur réseau**
	Terme	2016	
	Puissance unitaire installée (m^2)	50	> 1000
	Durée de fonctionnement (années)	20	25
	Productivité ($kWh/m^2/an$)	600	550***
	Coûts		
	Investissement ($€/m^2$)	650 - 1050	530 - 700
	Exploitation fixe ($€/m^2/an$)	10	4,43 - 8,1
Résultats	**Coût de production total (€/MWh) en fonction du taux d'actualisation**		
	3 %	89 - 134	63 - 88
	5 %	104 - 157	76 - 105
	8 %	127 - 195	98 - 134
	10 %	(144 - 222)	(114 - 155)

L' Ademe évalue des coûts de production entre 50 €/MWh solaire utile pour les plus grandes centrales (> 10 000 m2) à 80 €/MWh pour les centrales les plus petites (< 2 000 m2). En comparaison, la biomasse collective se situe à 70 €/MWh pour les plus grandes (chaufferies de puissance > 3MW) et 100 €/MWh pour les plus petites (< 1 MW). En outre, c'est l'énergie renouvelable la plus efficace en termes de production de chaleur par m². Elle se situe à 150 kWh/m² contre 3 pour la biomasse en comptant la surface de culture (source INES) .

La stabilité des coûts de production de la chaleur solaire permet d'estimer en amont du projet, le prix pour les consommateurs et abonnés du réseau, qui restera constant dès le premier jour d'exploitation et ce pour la durée du contrat.

Les coûts d'installation tendent à diminuer et deviennent compétitifs lorsque ils sont associés à une production collective, comme sur un réseau de chaleur. Le Fond chaleur permet, en outre, de subventionner une partie des installations à partir du moment où le réseau est alimenté à plus de 50 % en EnR&R.

2/ D'un point de vue environnemental, l'énergie solaire est vertueuse puisqu'elle n'est émettrice d'aucune émission de CO^2. C'est une énergie locale, sans acheminement de combustibles. Elle est disponible partout et peut s'adapter à différents milieux et besoins si elle est associée à une autre source d'énergie.

Un mix énergétique peut par exemple être envisagé avec une centrale biomasse, à l'échelle d'un quartier. L'apport d'énergie solaire permet alors de verdir le réseau, voire même d'arrêter la chaufferie biomasse lors des périodes estivales, si des zones de stockage sont mises en place.

L' Appel à projet « Grandes installations solaires thermiques »

En 2016, la programmation pluriannuelle de l'énergie a fixé pour 2023, des objectifs de chaleur renouvelable produite à partir de solaire thermique : 270 kTep (option basse avec 180 kTep dans le collectif/tertiaire/industriel) et 400 kTep (option haute avec 380 kTep dans le collectif/tertiaire/industriel). Pour référence, en 2016, la production de la filière solaire thermique s'élevait à 166 kTep.

L'action principale a porté sur le lancement d'un appel à projet « grandes installations solaires thermiques » encadré par l'Ademe. Cet appel à projets permet de réaliser des projets de production d'énergie renouvelable économiquement compétitifs grâce aux économies d'échelle réalisées. Il permet également d'accompagner les porteurs de projets dans une démarche de qualité et de promouvoir le solaire thermique pour des applications de grande taille. Il s'inscrit dans le cadre du Fonds Chaleur.

Malgré ces atouts, les réseaux de chaleur solaire-thermique peinent à trouver leur place en France. En effet, malgré leur efficacité en termes de production de chaleur, les installations de grandes tailles demandent la mise à disposition de fonciers importants et proches des tracés des réseaux de chaleur. Les panneaux peuvent être installés sur toiture des bâtiments raccordés, mais ne répondront alors qu'à un pourcentage plus faible des consommations des abonnés, par exemple pour une partie de l'eau chaude sanitaire du bâtiment.

De plus, l'intermittence de la production de chaleur, dûe aux conditions météorologiques, oblige à l'utilisation de zones de stockage. Le manque d'information des acteurs sur ces technologies et des coûts d'investissement encore trop importants, contribuent au fait que cette possibilité pour alimenter les réseaux de chaleur reste marginale.

ATOUTS ET PERSPECTIVES

Pour soutenir cette énergie, le ministère de l'Écologie a initié en 2018, un « plan de libération des énergies renouvelables » afin d'accélérer notamment le développement du solaire thermique. Cette concertation a permis de rassembler l'ensemble des acteurs des filières du solaire électrique et du solaire thermique pour définir les actions à mener à court et moyen terme. Avec la démarche « Place au soleil », l'État souhaite mobiliser les détenteurs d'espaces fonciers pouvant être dédiés au photovoltaïque et solaire thermique (collectivités locales, agriculteurs, …) et solliciter la filière des producteurs d'énergies pour qu'elle accélère les investissements à l'aide d'appels d'offres.

LA DÉMARCHE « PLACE AU SOLEIL »

En juin 2018, l'État a lancé la démarche « Place au soleil » pour mobiliser tous les acteurs pouvant contribuer au déploiement du photovoltaïque et du solaire thermique partout en France.

Des mesures spécifiques ont été proposées, parmi lesquelles :

– rectifier le code général des impôts, afin que le solaire thermique dans l'alimentation des réseaux de chaleur soit bien considéré comme une EnR, permettant de déclencher un taux de TVA réduit pour la fourniture de chaleur ;
– renouveler l'appel à projets Fond chaleur pour les grandes surfaces solaires thermiques (dont le coût est plus faible que les installations de petite et moyenne taille) ;
– simplifier l'attribution des aides du Fond chaleur et les ouvrir à la réhabilitation d'installations (audit, montée en compétence des exploitants…) ;
– diversifier le rôle des animateurs bois énergie de l'Ademe vers le solaire thermique afin de pallier le manque d'informations des acteurs.

Parallèlement, des travaux sont menés sur les territoires pour soutenir le développement du solaire thermique au sein des réseaux de chaleur.
L'agence Auvergne-Rhônes-Alpes Énergie Environnement (AURA-EE), étudie actuellement le potentiel d'intégration du solaire thermique dans les réseaux de chaleur, dans le cadre du projet européen Solar District Heating. Ce potentiel régional est aujourd'hui évalué à 233 GWh pour l'intégration du solaire au sein de réseaux existants.

Un travail a aussi été initié par l'Ademe sur l'état des lieux des réseaux existants et des perspectives de conversion au solaire dans plusieurs régions, comme les Hauts de France. Des données ont été récoltées sur une 30aine de réseaux en région Hauts de France. Une 15aine fait l'objet d'une analyse détaillée pour vérifier les conditions d'application d'une installation solaire thermique raccordée au réseau.
À la suite de cette analyse, deux opérations seront retenues pour étudier la faisabilité technique et économique d'un raccordement à une centrale solaire. Un plan d'investissement pourra alors être établi.

Cette démarche a vocation a être promue et diffusée, notamment au travers du Comité Régional pour le Solaire (CORESOL), récemment mis en place en région Hauts de France et qui réunit l'ensemble des acteurs de la filière afin d'en dynamiser le développement.

Panneaux solaires de Loos-en-Gohelle
source : cd2e.com

LE COLLECTIF « CoRESol »

Collectif dédié à l'autoconsommation et au développement des énergies solaires en région, CoRESol, Collectif Régional de l'Énergie Solaire, a été créé en mars 2018. Il est composé d'une dizaine de partenaires : ATEE, Ademe Hauts-de-France, CCI Hauts-de-France, SEM, CD2E, Cluster Amiens Energia, la DREAL, EDF, GRDF, la région Hauts-de-France, etc.

Ses principaux objectifs sont de mettre en réseaux les acteurs, de coproduire la massification de projets solaires et de développer et structurer une filière « solution » régionale pour répondre aux besoins des collectivités, entreprises et particuliers.

EXEMPLE DE MISE EN ŒUVRE TERRITORIALE
Châteaubriant

DONNÉES CLÉS DU PROJET

ACTEURS

Maîtrise d'ouvrage	Ville de Châteaubriant (44)
Maîtrise d'œuvre	Tecsol (Bureau d'études)
Délégataire du réseau	ENGIE Cofely
Facilitateurs de projet	Ademe (volet financier et aides) / Amorce (montage du dossier)

RÉSEAU DE CHALEUR

Longueur	10 km
État initial	Une chaudière bois de 3MW et deux chaudières gaz d'appoint de 3MW
Sources d'énergie	Solaire / Bois / Gaz
Abonnés	Hôpital, collèges, gymnases – soit l'équivalent de 1800 logements
Mise en service	01 juin 2018

CENTRALE SOLAIRE

Situation géographique de l'îlot solaire	En périphérie – prés de la branche nord du RDC à 360 m de la chaufferie bois
Gestion	L'îlot solaire appartient à la ville – cogestion avec Cofely
Coût du projet	1,45 millions d'euros (Aide de l'ADEME à hauteur de 70 % via l'appel à projets « grandes installations »)
Taille du parc	2000 m² de panneaux
Production	900 MWh de chaleur/an qui augmente la température de retour du réseau de 1 à 2 °C l'hiver et de 20 °C l'été
Réduction d'émission de CO_2	24 tonnes/an

La centrale solaire thermique a été installé sur un terrain appartenant à la ville ne faisant pas l'objet de conflit d'usages, mais présentant des contraintes techniques pour la mise en place des panneaux solaires, du fait de son caractère inondable.

L'été, la centrale solaire prend le relai des chaudières gaz et d'une partie de la chaudière bois. Elle couvre alors 70 % des demandes en ECS. Le reste de l'année, elle vient en appoint au sein du mix énergétique, à hauteur de 4 %. Une stratégie de pilotage de l'îlot et du réseau a été mise en place pour trouver un équilibre entre les différentes centrales en fonction de la saisonnalité.
Des ballons d'eau d'une capacité totale de 150 m³ permettent de stocker la chaleur pour pallier l'intermittence et de découpler la production instantanée demandée par le réseau.

DES DIFFICULTÉS DE MISE EN ŒUVRE

* Délai d'obtention du permis de construire : le PLU a dû être modifié (zone initialement classée « loisirs et sports »)
* Dépassement du budget prévisionnel : les canalisations ont été remplacées pour absorber des amplitudes de températures plus importantes qu'estimées par les fournisseurs de matériel. De plus, le caractère inondable du terrain a généré un surcoût de 100 000 euros, lié aux modifications de la hauteur des pieds des panneaux.

UN RÉSEAU RENTABLE

Tecsol et Cofely ont signé une « garantie solaire » et se sont engagés à fournir 900 Mwh/an. En cas de non-respect (avec marge de 5 % sur les 5 premières années), des pénalités de 140 euros/MWh sont appliquées, soit le double du tarif de vente de la chaleur.

DES AMÉLIORATIONS POSSIBLES

* Une gestion du mix énergétique solaire thermique/chaufferie complexe : une solution pourrait être de créer une chaufferie composée de deux chaudières bois de tailles différentes pour permettre l'arrêt de la chaudière d'appoint (gaz).
* Des demandes de niveau de chaleur de certains abonnés imposant une température d'aller du réseau jugée trop élevée, qui aujourd'hui est à 95°.

2013
Appel à manifestation d'intérêt
pour conduire des études d'opportunité d'intégration du solaire thermique aux réseaux de chaleur, lancé par Tescol (bureau d'études indépendant) en partenariat avec Amorce

2015
Validation d'avant-projet
suite à la réalisation d'une étude de faisabilité

2016
Vote en faveur de la réalisation de la centrale solaire thermique

2018
Mise en service de la centrale