



L'une des manières d'utiliser l'énergie solaire est d'exploiter **la chaleur apportée par ses rayons**. Cette technique est donc appelée solaire thermique. On peut de cette manière utiliser l'énergie solaire pour le chauffage ou l'eau chaude sanitaire. Une autre application consiste à concentrer le rayonnement solaire pour obtenir des hautes températures et produire ainsi de l'énergie mécanique et/ou de l'électricité par l'intermédiaire d'une machine thermique (turbine à gaz ou à vapeur) : c'est la technique solaire thermodynamique. Moins développée, et nécessitant un fort ensoleillement, elle ne sera pas abordée dans cette étude.

I- État des lieux

1°/ Potentiel ardennais

- **Gisement physique brut**

Le gisement physique brut correspond à l'**ensoleillement** sur le département. On peut distinguer **le rayonnement direct et le rayonnement diffus**; en effet:

$$R_g = R_{\text{total}} - R_{\text{réfléchi}} - R_{\text{absorbé}} = R_{\text{direct}} + R_{\text{diffus}}$$

Avec R_g : rayonnement reçu au niveau du sol, après avoir traversé l'atmosphère

R_{total} : rayonnement total, reçu au sommet de l'atmosphère

$R_{\text{réfléchi}}$: rayonnement réfléchi par l'atmosphère

$R_{\text{absorbé}}$: rayonnement absorbé par l'atmosphère

R_{direct} : rayonnement transmis de manière directe

R_{diffus} : rayonnement transmis de manière diffuse

Les rayonnements direct et diffus n'ont pas les mêmes propriétés vis-à-vis des capteurs solaires.

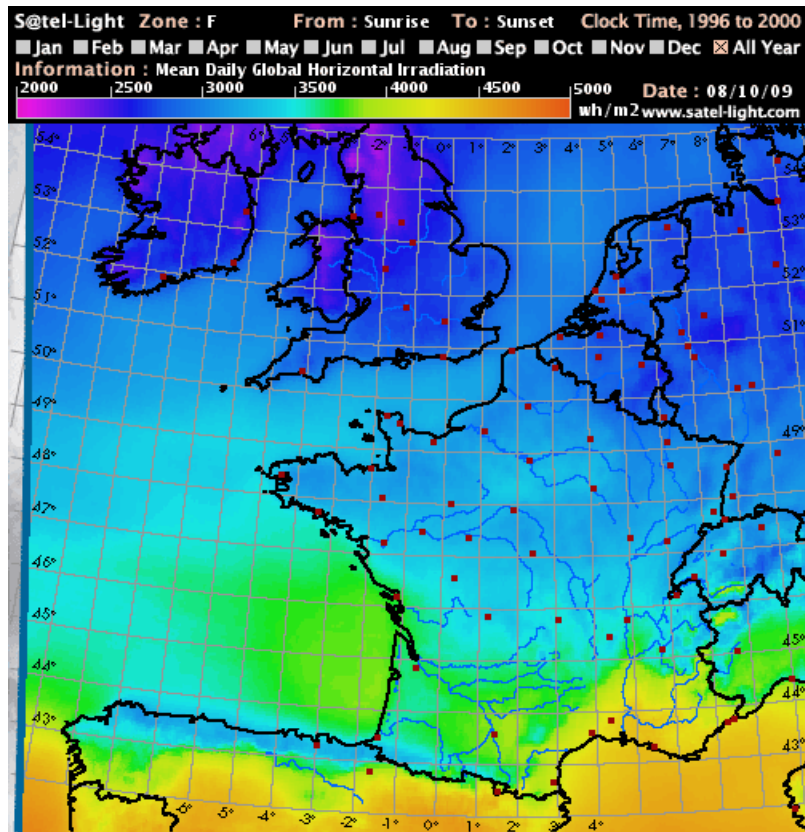


Figure 1 : rayonnement global (en Wh/m²/j)
 (Source : Satelight)

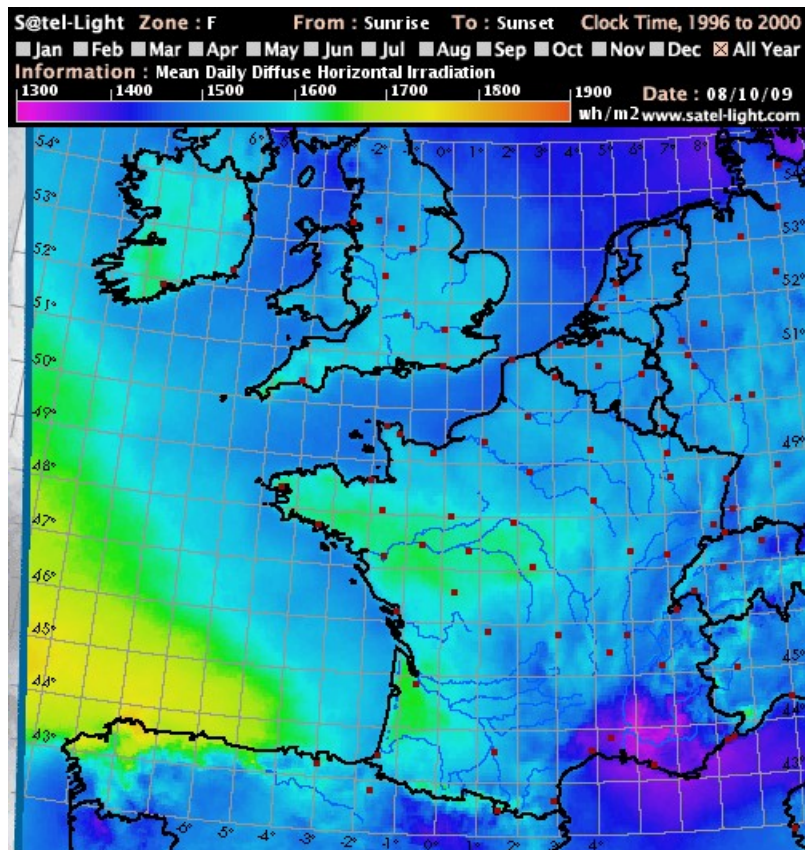


Figure 2 : rayonnement diffus (en Wh/m²/j)
 (Source : Satelight)

Une carte spécifique des Ardennes n'est pas disponible ; le département reçoit

environ 1000 kWh/m² par an, un peu moins au niveau de la pointe de Givet. Voici les moyennes pour la ville de Charleville-Mézières, au moins de décembre (minimum) et au mois de juillet (maximum) :

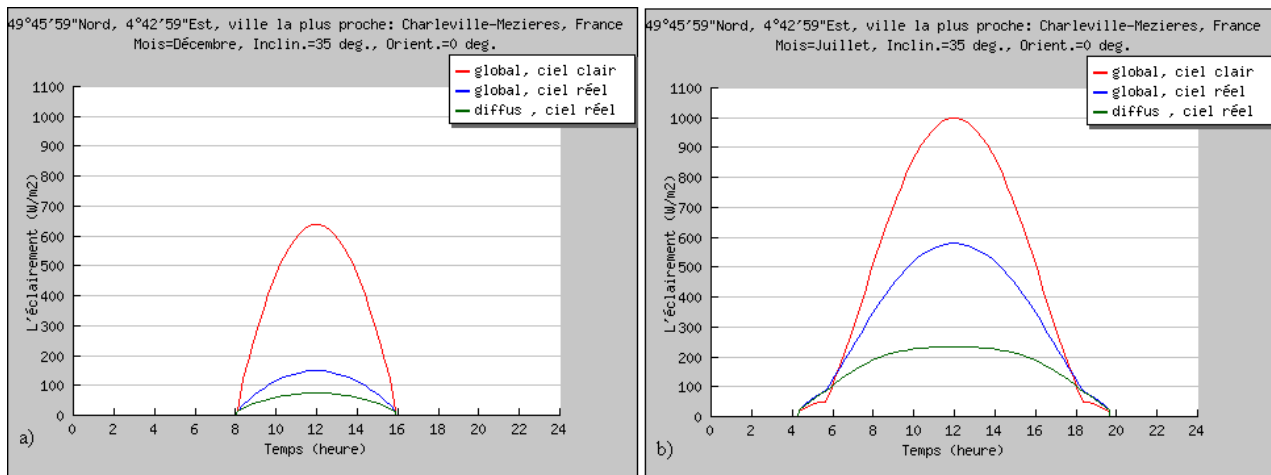


Figure 2 : rayonnement reçu au niveau de Charleville-Mézières
a : mois de décembre, b : mois de juillet
(Source : JRC – Commission Européenne)

● Contraintes techniques

Les capteurs solaires thermiques sont surtout sensibles à l'ensoleillement direct.

Le rendement de l'installation dépend de l'**orientation** et de l'**inclinaison des panneaux**. Concernant l'orientation, le rendement est maximal si les panneaux sont orientés plein Sud. Pour le chauffe-eau solaire thermique, une orientation Sud-Est ou Sud-Ouest, suite à des contraintes architecturales par exemple, reste favorable. Pour le chauffage, une telle orientation diminue rapidement l'intérêt d'investissement dans la solution, les performances étant moindres, sauf en intersaison. L'inclinaison recommandée correspond à la latitude du site, aux alentours de 50° dans les Ardennes. Pour une inclinaison inférieure à 45°, la production sera plus élevée en été, ce qui reste intéressant pour le chauffe-eau solaire ou pour une utilisation estivale de la chaleur (piscine e.g.) Dans le cas du chauffage solaire, il est souhaitable d'optimiser le rendement en hiver impactant ainsi favorablement le rendement annuel. On choisira dans ce cas une inclinaison adaptée.

On distingue le **chauffe-eau solaire** du **système solaire combiné** (Eau chaude Solaire et chauffage, dont l'une des déclinaisons est le plancher solaire direct). Ce dernier nécessite une bonne isolation du bâtiment ainsi que des émetteurs de chaleur « basse-température », permettant de valoriser les 'points faibles' du solaire (difficulté de produire de la haute température en hiver).

Le capteur le plus répandu et le **capteur plan**, d'un bon rendement et d'un prix abordable. Il existe aussi des tubes sous vide, d'une efficacité plus importante, notamment pour le chauffage. Ils sont plus coûteux, et malgré les progrès techniques, le risque de surchauffe et de vaporisation du fluide caloporteur est plus probable en cas de mauvais dimensionnement de l'installation. Si l'installation est correctement dimensionnée, les capteurs plans ont une productivité minimale de 450 kWh/m² et par an. Le rendement d'une installation solaire est corrélé positivement aux besoins de chaleur.



Figure 3 : capteurs solaires thermiques
Gauche : tube sous vide ; Droite : chauffe-eau solaire individuel

Les capteurs peuvent être sensibles à la **grêle**, cependant ils sont conçus pour résister aux impacts. Les normes de performance généralement demandées pour l'attribution d'aides publiques intègrent des tests de résistance aux impacts, et même si le risque zéro n'existe pas, la grêle n'a qu'une très faible probabilité de les briser (si l'environnement alentour n'a pas connu de dégâts suite à la grêle (toitures, voitures, fenêtres...)).

Enfin l'énergie solaire est **une énergie intermittente**, elle nécessite un appoint pour combler les périodes où elle est moins disponible ou absente (l'hiver, la nuit). Le suivi sur 2007-2008 d'une installation ardennaise, à Saulces-Champenoise, de 4,8 m² pour une orientation Sud-ouest inclinée à 25°, un accumulateur de 300 L et un appoint électrique de 2kW souligne la pertinence de l'usage du solaire thermique dans le département :

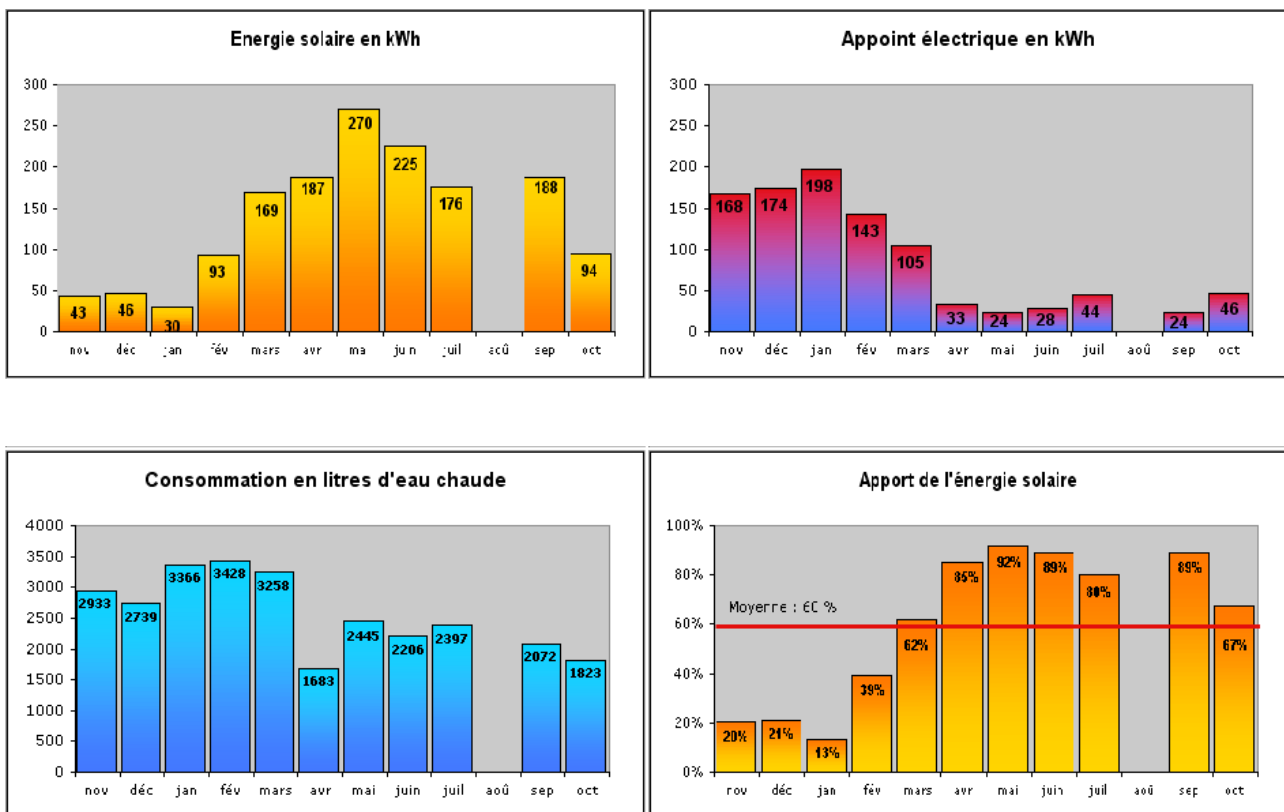


Figure 9 : suivi de performance à Saulces-Champenoises
 (Source : ALE ; données manquantes en août par défaut du système de mesure)

On voit donc que 60% des besoins en ECS sont couverts grâce à l'énergie solaire, en moyenne.

● **Avantages et inconvénients environnementaux**

Les surfaces concernées pour le solaire thermique sont les toits des bâtiments : le développement du solaire thermique de cette façon n'induit pas de **consommation de surfaces naturelles additionnelle**. Dans les Ardennes, on considère que pour une maison individuelle, il faut 1,25 m² de panneaux solaires par habitant pour la production d'eau chaude sanitaire, soit 5 m² pour une habitation de 4 personnes. Pour le système solaire combiné, il faut compter 15 à 20 m² de capteurs pour les mêmes caractéristiques (de 1 à 1,25 m² de panneaux pour 10m² de surface chauffée) (*source : ADEME, ALE*).

Les capteurs peuvent être à l'origine d'une **nuisance visuelle**, leur installation est donc réglementée. Le détail est donné plus loin, cependant quelques règles simples permettent de limiter cet impact (*source : SDAP*) :

- regrouper les capteurs en un seul panneau
- donner au panneau une forme simple
- respecter les contours du bâtiment
- veiller au parallélisme des lignes et des plans
- sur une toiture plate, privilégier des panneaux en retrait

La pose de panneaux solaires est possible en site protégé, à condition de ne pas avoir un impact visuel trop important. Le service départemental de l'architecture et du patrimoine (SDAP) est en train de rédiger des fiches pratiques, destinées aux particuliers, donnant des conseils pour que la pose de panneaux solaires ait un impact visuel minimal.

Les capteurs solaires thermiques sont principalement constitués de verre et de métaux, **leur recyclage** est donc techniquement tout à fait réalisable ; il convient par contre de veiller à l'existence de ces filières de recyclage.

● **Avantages et inconvénients sociaux**

En 2007, la filière solaire thermique représenterait en France environ 2340 **emplois** à l'investissement, et 150 emplois en fonctionnement. Les prévisions nationales pour 2012 sont de 12 015 emplois liés aux équipements, et 225 emplois liés à la maintenance (*source : ADEME, en révision à la hausse à mesure de l'approfondissement des études*). Les emplois concernent donc surtout la fabrication des capteurs et leur pose, les installations solaires thermiques exigeant peu de maintenance.

Il existe plusieurs **garanties pour les consommateurs**, pour les professionnels comme pour les appareils :

- Qualisol : appellation qualité pour les installateurs ; le département des Ardennes compte 34 installateurs de chauffe-eaux solaires dans les Ardennes, dont 8 qui sont aussi installateurs de systèmes solaires combinés
- Qualibat, une certification qui concerne aussi les installateurs (chauffe-eau solaire individuel et système solaire combiné) ; il n'existe pas d'entreprise dans les Ardennes
- Solar Keymark : certification européenne des capteurs solaires
- Certification du Centre Technique et Scientifique du Bâtiment pour les capteurs solaires (certification française CSTB, plus exigeante que la certification européenne)
- Ô Solaire : marque créée par les industriels (et assimilés) de la filière solaire thermique, visant à sélectionner des systèmes solaires thermiques domestiques dans une démarche de qualité, favorisant le choix de matériels solaires thermiques domestiques conformes aux exigences normatives et réglementaires.

La filière solaire bénéficie d'une **image positive** pour les français : selon un sondage de l'ADEME, l'acceptabilité de l'énergie solaire sur son propre toit est de 91%, et 70% des français pensent que l'énergie renouvelable à développer en priorité est l'énergie solaire (ces résultats ne distinguent pas solaire thermique et solaire photovoltaïque).

- **Avantages et inconvénients économiques**

Le fait d'avoir recours à l'énergie solaire, dont la **ressource est gratuite** ; permet d'économiser de l'énergie électrique ou issue de combustibles fossiles.

Reprenons l'exemple de la maison équipée d'un chauffe-eau solaire à Saulces-Champenoises : l'économie d'énergie est de 2100 kWh par an, soit entre 120 euros d'économie (par rapport au fioul) et 160 euros (par rapport à l'électricité) (*Source : ALE*). De la même façon, 20 m² de capteurs pour un SSC permettent d'économiser 7000 kWh, soit 675 euros d'électricité.

Le coût de l'énergie produite pendant 25 ans par un chauffe-eau solaire individuel coûtant 5000 € à l'investissement et 500 € en maintenance et produisant 2,5 MWh par an est de $5500/62,5 = 88$ €/MWh, sans aide financière. Ce prix est comparable à celui de l'électricité. (*source : INES*).

L'**investissement** de départ reste assez important, de l'ordre de 1000 euros par m² de panneau (Source : ADEME, INES) pour les capteurs plans. Il existe **des aides à l'investissement** dont le détail peut être demandé au pôle énergies renouvelables.

Il n'y a pas d'aide en fonctionnement, **les coûts de maintenance** étant très faibles et la ressource gratuite.

L'utilisation de l'énergie solaire pour chauffer l'eau n'est pas adaptée à toutes les situations. En effet, pour qu'un tel système soit rentable, les besoins doivent être réguliers, répartis tout au long de l'année. De plus, un seuil minimal de consommation est requis. Nous ne disposons pas de chiffres précis, les évaluations se font au cas par cas, mais de manière générale les établissements concernés a priori peuvent être les hôpitaux, les maisons de retraite, les hôtels, les logements collectifs... Si le bâtiment est occupé de manière irrégulière (certaines résidences de vacances), ou inoccupé pendant l'été par exemple (établissements scolaires), ou bien si la consommation est faible (immeubles de bureaux), l'eau chaude solaire collective n'est pas adaptée.

- **Gouvernance**

Une garantie de résultats solaires (GRS) a été rapidement mise en place par TECSOL, soutenue par l'ADEME, pour la production d'eau chaude solaire collective. Depuis 2007, l'obligation de GRS que l'ADEME imposait jusqu'à maintenant est supprimée. En remplacement, une procédure dite XnA (ICSnA = Instrumentation, Comptage et Suivi Énergétique sur n années) est rendue totalement obligatoire à partir de 20 m² de capteurs solaires et ne doit souffrir aucune exception. Cette procédure oblige le maître d'ouvrage à transmettre périodiquement à l'ADEME, pendant 3 années au moins (10 ans pour les opérations collectives aidées par le Fonds Chaleur), les données mesurées de production solaire utile et de consommation d'appoint de l'installation.

Il n'y a pas de **formation** concernant la filière solaire dans les Ardennes mais il en existe de nombreuses au niveau national, notamment dans le sud-est de la France.

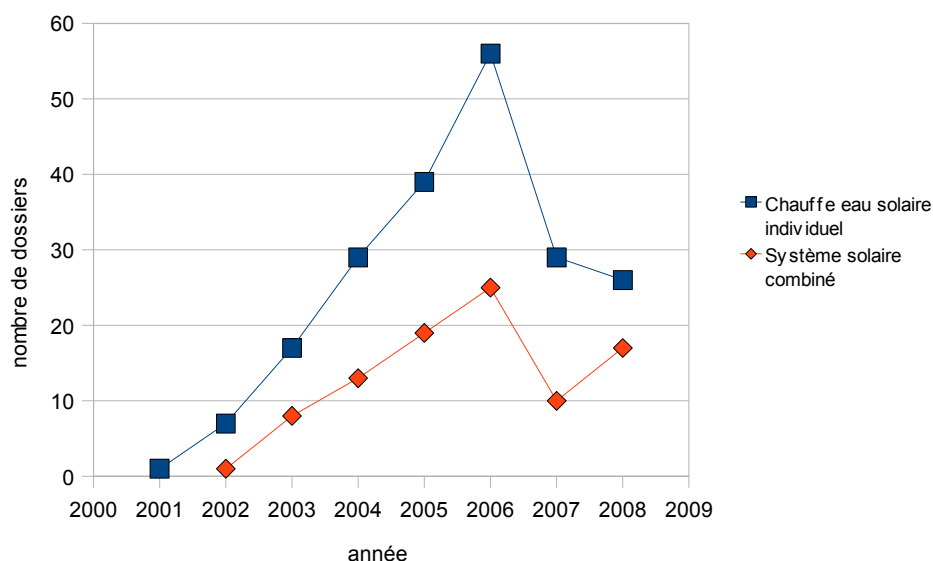
Sur un bâtiment déjà existant, il faut faire une déclaration préalable de travaux en mairie avant d'installer des panneaux solaires. S'il s'agit d'un nouveau bâtiment, la mise en

place de capteurs solaires doit figurer sur le **permis de construire**.

Si le bâtiment est situé sur un **site protégé** (site inscrit ou classé), le projet doit être soumis à l'architecte des bâtiments de France. Il est souvent possible de trouver un compromis entre préoccupations environnementale et patrimoniale : dans les Ardennes, en 2008, 9 demandes sur 11 ont reçu un avis favorable (le photovoltaïque est inclus dans ces 11 demandes).

2°/ Les installations existantes

Particuliers ayant bénéficié d'aides régionales pour le solaire thermique

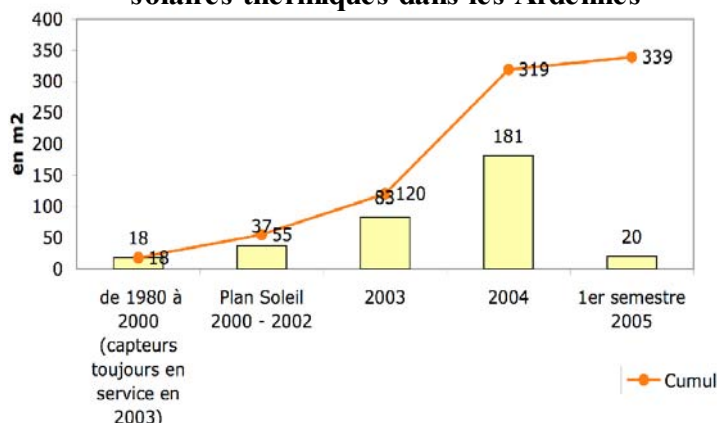


Recensement des particuliers ayant bénéficié d'une aide régionale pour leur installation solaire thermique (Source : ALE)

Il n'existe, à l'heure actuelle, pas de recensement exhaustif des installations dans les Ardennes. Une estimation pour les particuliers a été faite par l'Agence Locale de l'Energie grâce aux données concernant les aides régionales. Cette estimation est assez précise, car les particuliers ont presque systématiquement recours à ces aides.

Cette méthode permet d'estimer que, fin 2008, au moins 204 particuliers avaient un chauffe-eau solaire individuel, et au moins 93 un système solaire combiné dans les Ardennes.

Progression des installations de capteurs solaires thermiques dans les Ardennes



Surface de capteurs solaires thermiques dans les Ardennes (Source : ALE)

L'augmentation plus rapide des surfaces installées à partir de 2004 correspond à la mise en place du crédit d'impôt.

De plus, un volontarisme particulièrement marqué de la part de la communauté de communes des Crêtes préardennaises, avec entre autres la mise en place d'une aide additionnelle locale, contribue au développement du solaire thermique dans les Ardennes.

Ainsi, on peut estimer le productible en 2008 à 20 tep annuelles.

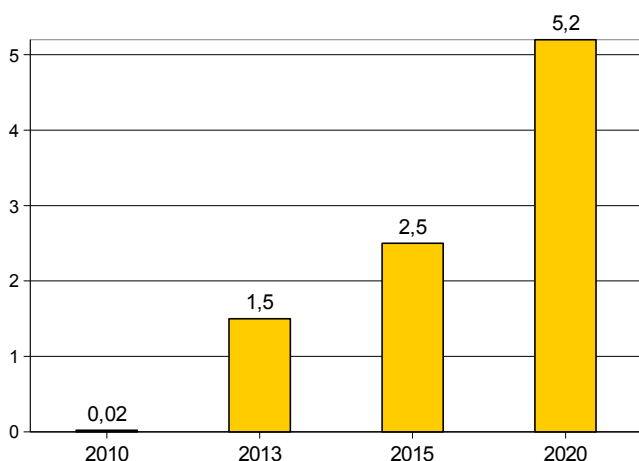
3°/ Potentiel de développement

Le suivi réalisé grâce au Plan Soleil en France des chauffe-eau solaires individuels a montré que **la productivité solaire** ne dépend pas significativement de la région (donc du climat), seul le taux de couverture solaire (le rapport entre l'énergie solaire et l'énergie totale consommée) diffère selon les régions : par exemple, le taux de couverture solaire pour un chauffe-eau solaire individuel en Alsace est de 60% (ce qui est comparable avec les Ardennes, comme nous l'avons vu pour l'installation de Saulces-Champenoise), alors qu'il est de 70% en Languedoc-Roussillon (*Source : ADEME*). Il est donc parfaitement possible, voire même pertinent, de recourir au solaire thermique dans les Ardennes.

Il y a 2,42 m² de capteurs solaires thermiques dans les Ardennes pour 1000 habitants, mais 11,22 m² pour 1000 habitants dans les Crêtes Préardennaises. La moyenne européenne est de 40 m² pour 1000 habitants (*Source : ALE*). Ces quelques chiffres reflètent bien le potentiel de développement qui existe dans les Ardennes.

La quantification de ce potentiel à partir des surfaces de toits est en cours.

II- Objectifs de développement dans les Ardennes



Faute de quantification du potentiel ardennais pour l'instant, les objectifs 2020 sont calculés à partir des pourcentages nationaux.

Les objectifs 2013 et 2015 sont fixés à partir de l'interpolation linéaire des objectifs 2020 nationaux appliqués aux Ardennes.

Objectifs ardennais de production de chaleur solaire en ktep.

Bibliographie

Rapport Ademe : Marchés, emplois et enjeu énergétiques des activités liées à l'efficacité énergétique et aux énergies renouvelables : situation 2006-2007 – perspectives 2012

Communiqué de presse Ademe : Grenelle de l'environnement : les français favorables aux énergies renouvelables

Rapport Ademe : étude qualitative et quantitative du fonctionnement de systèmes solaires combinés en usage réel

Rapport Ademe : suivi et évaluation énergétique du Plan Soleil – Chauffe-eaux solaires individuels

Ademe : note de cadrage sur le contenu en CO2 du kWh par usage en France
www.ale08.org

www.ademe.fr

www.ines-solaire.com

www.cler.org

www.re.jrc.ec.europa.eu/

www.satel-light.com

Communications personnelles de : M. Caby, Mme Thevenin