



Direction départementale
de l'Équipement et de l'Agriculture
Ardennes



RECENSEMENT DU POTENTIEL D'ENERGIE SOLAIRE THERMIQUE ET PHOTOVOLTAÏQUE DANS LE DEPARTEMENT DES ARDENNES

MARS 2010



AXENNE



2 petite rue de la Rize - 69 100 VILLEURBANNE - Tél : +33(0) 4 37 44 15 80 – Fax : +33(0) 4 37 44 15 89
S.a.r.l. 55 675 € - APE : 71.12B - RCS LYON 419 024 302 - TVA FR60419024302

MAITRE D'OUVRAGE Direction départementale de l'Équipement et de l'Agriculture des Ardennes.
 3 rue des Granges Moulues – BP852
 08 011 Charleville-Mézières cedex
 Tél : 03.51.16.52.43

GROUPEMENT **AXENNE**
 2, petite rue de la Rize
 69 100 VILLEURBANNE
 Tél. : 04 37 44 15 80



V1	21/12/2009	Création	Henri-Louis GAL	

SOMMAIRE

<u>GISEMENTS NETS / LES PERSPECTIVES DE DEVELOPPEMENT DES FILIERES</u>	6
1. OBJECTIFS	6
2. GISEMENT SOLAIRE	7
2.1. DONNEES METEOROLOGIQUES	7
2.2. PRODUCTIBLE	9
3. LES DONNEES SOCIO-ECONOMIQUES : L'HABITAT	10
3.1. CARACTERISTIQUES DE L'HABITAT	10
3.2. LA DYNAMIQUE DE CONSTRUCTION	11
4. ANALYSE CARTOGRAPHIQUE	17
4.1. TYPOLOGIE DES BATIMENTS	18
4.2. LES CONTRAINTES REGLEMENTAIRES DE PROTECTION DU PATRIMOINE BATI	20
4.3. LES CONTRAINTES D'EXPOSITION : BATIMENT A L'OMBRE	25
4.4. LES CONTRAINTES D'ORIENTATION DES BATIMENTS	27
4.5. SYNTHESE DES CONTRAINTES PATRIMONIALES ET D'ENSOLEILLEMENT	28
5. PRESENTATION DES GISEMENTS NETS	30
5.1. LES FILIERES « SOLAIRES THERMIQUES »	30
5.2. LES FILIERES « PHOTOVOLTAÏQUE »	39
5.3. BILAN GLOBAL DES GISEMENTS NETS	45
6. POTENTIELS PLAUSIBLES A L'HORIZON 2030	47
6.1. LES HYPOTHESES	47
6.2. TABLEAU RECAPITULATIF GENERAL	55
7. INDICATEURS ENVIRONNEMENTAUX ET FINANCIERS SUR LES FILIERES SOLAIRES	58
7.1. INDICATEURS SUR LE CO2 EVITE SANS PRISE EN COMPTE DES EMISSIONS AMONTS	58
7.2. INDICATEURS SUR LE CO2 EVITE AVEC PRISE EN COMPTE DES EMISSIONS AMONTS	60
7.3. COUT FINANCIER DE LA TONNE DE CO2 EVITE	62
7.4. DEPENSE PUBLIQUE CONSENTIE EN 2006	63

TABLE DES ILLUSTRATIONS

FIGURES

Figure 1 : courbes mensuelles d'ensoleillement et de température à Lille	8
Figure 2 : Répartition du parc de logements (sources : INSEE – RP06)	10
Figure 3 : Mode de chauffage dans les logements en 2006 (sources : INSEE – RP06)	12
Figure 4 : Répartition des énergies de chauffage des logements collectifs en 2006 (sources : INSEE – RP06)	13
Figure 5 : Répartition des énergies de chauffage des maisons individuelles en 2006 (sources : INSEE – RP06)	14
Figure 6 : Répartition des énergies de chauffage après 1999 pour les maisons individuelles (source : INSEE – RP06)	15
Figure 7 : Répartition des énergies de chauffage après 1999 pour les logements collectifs (source : INSEE – RP06)	15
Figure 8 : Mode de chauffage de l'eau chaude sanitaire en 2006 (sources : INSEE – RP06)	17
Figure 9 : Répartition des surfaces de toiture par type de bâtiment et de toiture	20
Figure 10 : Les contraintes du patrimoine bâti	22
Figure 11 : Niveau d'enjeu pour l'implantation de panneaux solaires au regard des contraintes patrimoniales	23
Figure 12 : Méthodologie de prise en compte des bâtiments à l'ombre	25
Figure 13 : Représentation des bâtiments à l'ombre	26
Figure 14 : Représentation des bâtiments sans aucune contrainte et pourcentage de surface sans contrainte par commune	29
Figure 15 : potentiel théorique pour les installations solaires thermiques	45
Figure 16 : potentiel théorique pour les installations solaires photovoltaïques	45
Figure 17 : Empilement des moyens de production – source : EDF R&D – Février 2008	58
Figure 18 : émissions de CO ₂ relatives à la construction des installations d'énergies renouvelables et affectées à la production sur la durée de vie des installations	60
Figure 19 : rejets de CO ₂ évités des installations d'énergies renouvelables électriques tenant compte des émissions amonts	61
Figure 20 : émissions de CO ₂ relatives à la construction des installations d'énergies renouvelables et affectées à la production sur la durée de vie des installations	61
Figure 21 : Rejets de CO ₂ évités des installations d'énergies renouvelables thermiques avec prise en compte des émissions amonts	62

TABLEAUX

Tableau 1 : données mensuelles d'ensoleillement et de température à Charleville-Mézière	7
Tableau 2 : Répartition des surfaces de toiture par type de bâtiment et de toiture	19
Tableau 3 : Répartition des surfaces de toiture par contrainte patrimoniale.....	24
Tableau 4 : surfaces de toiture à l'ombre par typologie de bâtiment	27
Tableau 5 : Surface des toitures à deux pans mal orientées	28
Tableau 6 : Surface de toiture sans aucune contrainte	28
Tableau 7 : Temps de retour sur investissement de l'eau chaude solaire pour l'habitat	30
Tableau 8 : Gisement net pour les chauffe-eau solaires individuels sur le parc des maisons existantes...	31
Tableau 9 : Gisement net pour les chauffe-eau solaires individuels sur le parc des maisons neuves.....	32
Tableau 10 : Temps de retour sur investissement du chauffage solaire pour l'habitat	32
Tableau 11 : Gisement net pour les systèmes solaires combinés dans les maisons existantes.....	33
Tableau 12 : Gisement net pour les systèmes solaires combinés sur des maisons neuves	34
Tableau 13 : Temps de retour sur investissement de l'eau chaude solaire pour les logements collectifs.....	34
Tableau 14 : Gisement net pour les chauffe-eau solaires collectifs sur le parc de logements collectifs existants.....	36
Tableau 15 : Gisement net pour les chauffe-eau solaires collectifs sur des immeubles de logements neufs	36
Tableau 16 : Gisement net pour les chauffe-eau solaires sur des bâtiments publics existants.....	37
Tableau 17 : Gisement net pour les installations solaires sur les piscines existantes.....	38
Tableau 18 : Gisement net pour le solaire thermique dans l'industrie	39
Tableau 19 : Temps de retour sur investissement d'une installation photovoltaïque pour différents maîtres d'ouvrage	39
Tableau 20 : Gisement net des installations photovoltaïques sur les maisons.....	40
Tableau 21 : Gisement net pour les installations photovoltaïques sur les immeubles de logements neufs	41
Tableau 22 : Gisement net pour les installations photovoltaïques sur les grands bâtiments existants	42
Tableau 23 : Gisement net des installations photovoltaïques sur les bâtiments industriels.....	43
Tableau 24 : Bilan global des gisements nets identifiés sur le territoire pour les filières solaires.....	46

GISEMENTS NETS / LES PERSPECTIVES DE DEVELOPPEMENT DES FILIERES

1. OBJECTIFS

Il s'agit d'établir les potentiels plausibles pour les installations solaires thermiques et photovoltaïques à deux horizons de temps : 2015, 2020.

Cette démarche s'effectue par étape à l'aide de l'outil cartographique. Elle se veut rigoureuse et concrète dans le but d'obtenir un potentiel plausible qui tient compte de l'ensemble des contraintes et faisabilités techniques du territoire.

Il s'agit donc d'évaluer précisément, pour chaque typologie d'installation, le potentiel plausible atteignable compte tenu :

- des contraintes liées au patrimoine culturel (sites classés, sites inscrits, secteur sauvegardé, monuments historiques, etc.),
- de la typologie des bâtiments (bâtiment industriel ou collectif ou maison d'habitation, type de toiture),
- du positionnement des bâtiments (orientation, ombre portée d'un bâtiment sur l'autre, etc.),
- de la dynamique de construction pour les nouveaux projets,
- etc.

Les données utilisées pour atteindre le potentiel de chaque filière sont les suivantes :

- des données sur la production attendue pour les systèmes solaires thermiques et photovoltaïques,
- des données socio-économiques,
- des données réglementaires,
- l'ensemble des contraintes environnementales, patrimoniales, urbanistiques et les risques naturels,
- etc.

Chaque filière étudiée sera considérée dans le cadre d'une grille d'analyse afin de définir un potentiel plausible.

Cette grille d'analyse sera construite à partir des données objectives interdisant ou contraignant fortement les potentiels identifiés ci-dessus.

Nous avons accès à deux types de données que l'on peut difficilement recouper en raison de leur nature : les données socio-économiques des logements de l'INSEE et les données cartographiques du bâti de l'IGN (BDTopo) :

- les données de l'Insee sur le parc du logement quantifient par exemple précisément le nombre de maisons existantes par commune,
- les données cartographiques de l'IGN (BDTopo©), identifient sur le territoire les surfaces bâties des « maisons », mais ce terme maison englobe aussi les garages situés à côté des maisons, les bungalows, les granges, les cabanes et autres baraquements

Toute la difficulté tient donc à la détermination de ratios viables dont nous aurons besoin pour définir le potentiel à l'horizon 2020.

2. GISEMENT SOLAIRE

L'ensoleillement du territoire et les données météorologiques servent de base au calcul du productible des installations solaires thermiques et photovoltaïques.

2.1. DONNEES METEOROLOGIQUES

Les valeurs d'ensoleillement sont issues de la base de données HelioClim-1, calculées à partir des images du satellite Meteosat, de 1985 à 2005. La grille a une résolution de 20km.

Ces données, corrélées avec la base PVGIS (données météorologiques au sol de 450 stations) ont permis à Axenne de dresser la cartographie du gisement solaire sur l'ensemble du territoire

Les données météorologiques présentées sont celles de Charleville-Mézière.

Base météo de référence : Charleville-Mezieres

Altitude : 160 m

Latitude : 49,77 °

Longitude : 4,63 °

MOIS	Ensoleillement à l'horizontale (en Wh/m ² .j)	Température mini	Température moyenne	Température maxi	Vitesse du vent en m/s	Nb de jours avec précipitation
Janv	688	-1,1	2,2	5,4	3,1	15
Févr	1 511	-0,6	3,3	7,1	3,1	12
Mars	2 325	1,8	6,4	11,0	2,7	14
Avr	3 677	3,3	8,6	13,8	2,8	13
Mai	4 615	7,4	12,8	18,2	2,5	14
Juin	4 847	9,8	15,5	21,2	2,3	13
Juil	5 199	11,9	17,0	22,1	2,3	11
Août	4 262	12,1	17,7	23,3	1,9	12
Sept	2 978	8,1	13,5	18,8	2,1	11
Oct	1 781	6,0	10,4	14,7	2,6	11
Nov	988	2,3	5,7	9,1	2,5	14
Déc	548	0,0	3,4	6,7	2,9	14

Total annuel : 1019 kWh/m².an

Sources : ensoleillement - HelioClim1 / températures - Météonorm

Tableau 1 : données mensuelles d'ensoleillement et de température à Charleville-Mézière

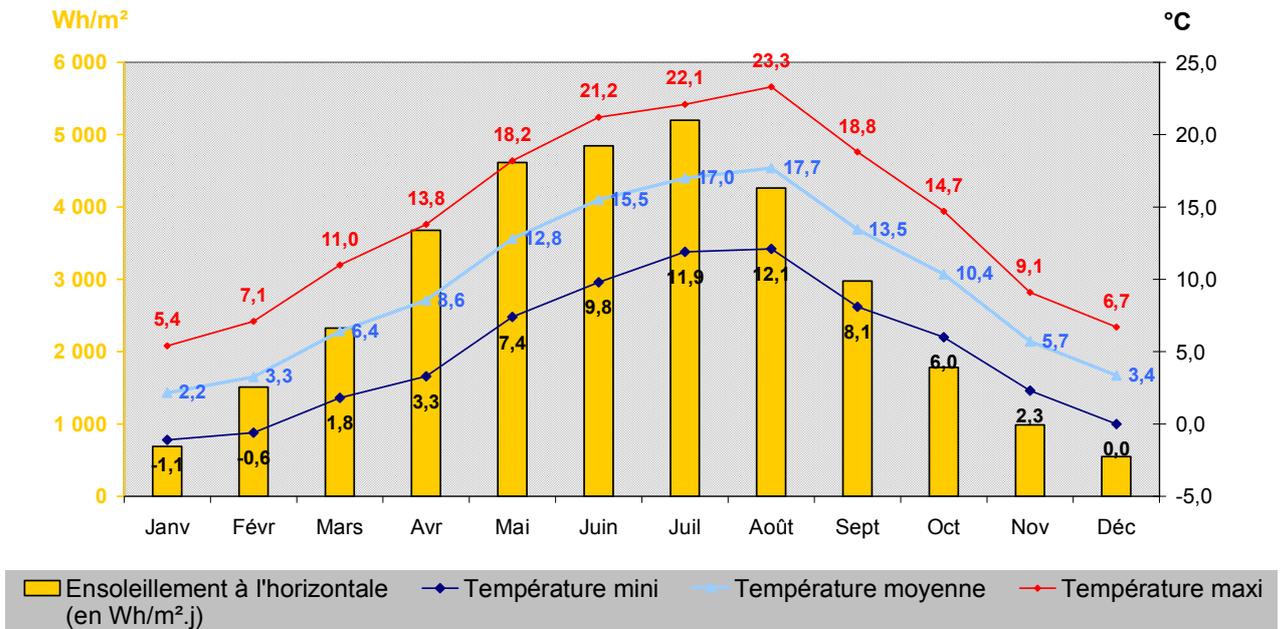
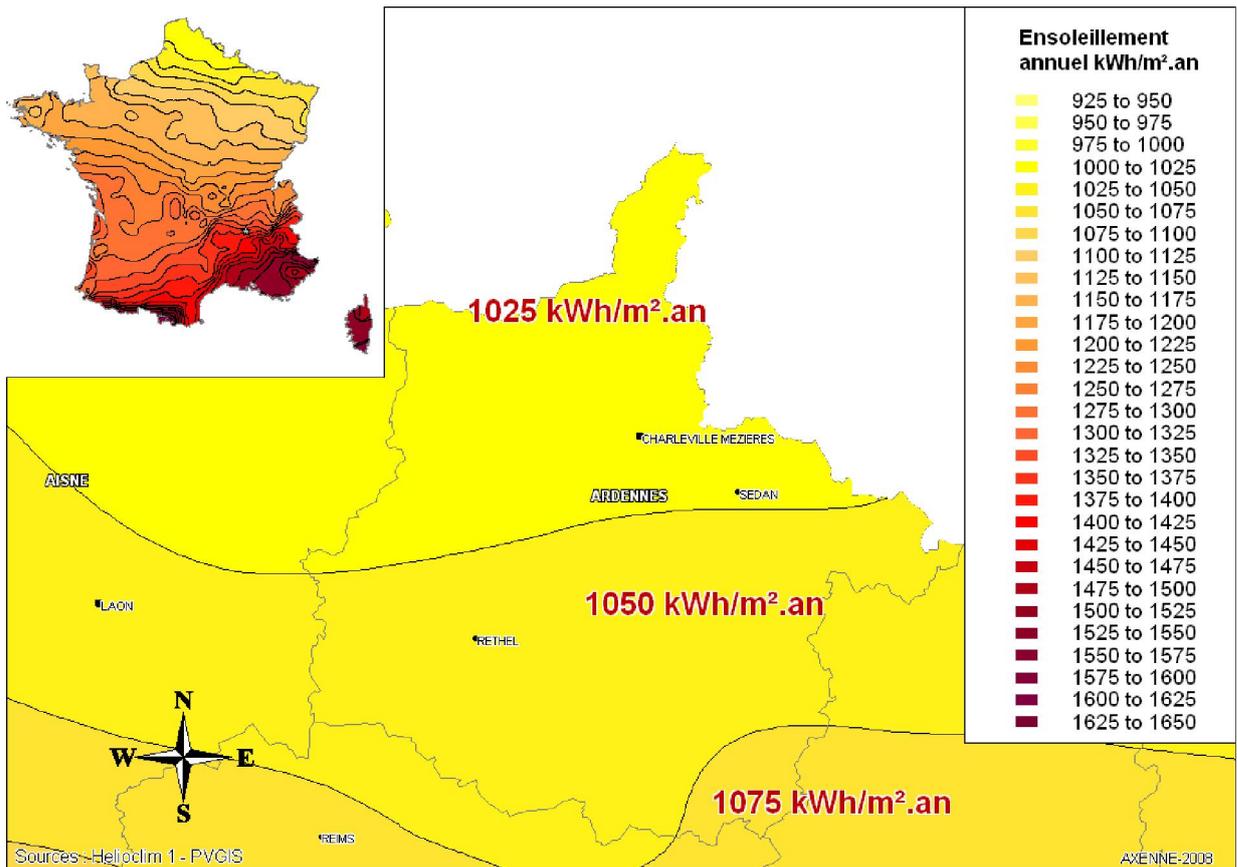


Figure 1 : courbes mensuelles d'ensoleillement et de température à Lille

Cartographie de l'ensoleillement



Carte 1 : Ensoleillement moyen annuel (kWh/m².an)

La plage de valeurs indiquée dans la légende comprend toutes les valeurs de l'ensoleillement en France pour la période donnée. Cette information permet de situer le territoire par rapport à la France en ce qui concerne l'ensoleillement.

2.2. PRODUCTIBLE

Les productibles sont calculés pour les données météorologiques de Charleville-Mézière.

2.2.1. SOLAIRE THERMIQUE

Le productible d'une installation solaire thermique est illustré par un exemple : une installation individuelle sur une maison.

Chauffe-eau solaire individuel

Caractéristiques de l'installation :

- 5 m² de capteurs,
- orientation sud et inclinaison à 45°,
- ballon de stockage de 200 litres,
- consommation de 180 L/j.

Ce sont les besoins qui correspondent à une famille de quatre personnes. Le chauffe-eau solaire est donc adapté à ce cas.

Avec les hypothèses mentionnées ci-dessus, l'installation produira 1 710 kWh/an (0,147 tep) soit 56% des besoins en eau chaude sanitaire de la famille considérée. La productivité des capteurs est de 350 kWh/m² (0,03 tep/m²). Il faut environ 3,5 m² de capteurs à Lyon et 2,5 m² à Marseille pour obtenir la même couverture solaire (55%).

2.2.2. SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE

L'ensoleillement moyen annuel est d'environ 1 040 kWh/m².an, cela signifie qu'inclinée à 45° et orientée plein sud, une installation de 1 kWc (10 m² de modules photovoltaïques environ) produit 905 kWh/an.

La production est très variable dans l'année; ainsi au mois de décembre où l'ensoleillement est d'environ 0,55 kWh/m².jour, l'installation produit environ 0,78 kWh, tandis qu'au mois de juin 3,6 kWh/jour sont produits sous un ensoleillement de 5,15 kWh/m².jour.

3. LES DONNEES SOCIO-ECONOMIQUES : L'HABITAT

3.1. CARACTERISTIQUES DE L'HABITAT

Une connaissance précise de la typologie de l'habitat sur les différentes communes du territoire nous permet d'alimenter la méthodologie sur le calcul du potentiel de développement pour les installations solaires photovoltaïques et thermiques. La typologie d'un logement se compose de la nature du logement (maison individuelle, logement collectif, etc.), de son âge et de son mode de chauffage.

3.1.1. LA NATURE DU PARC DE LOGEMENTS EN 2006

Le parc était composé de 118 444 logements fin 2006. Nous avons pu reconstituer la nature du parc de logements en 2006 à partir des données du recensement de la population de l'Insee :

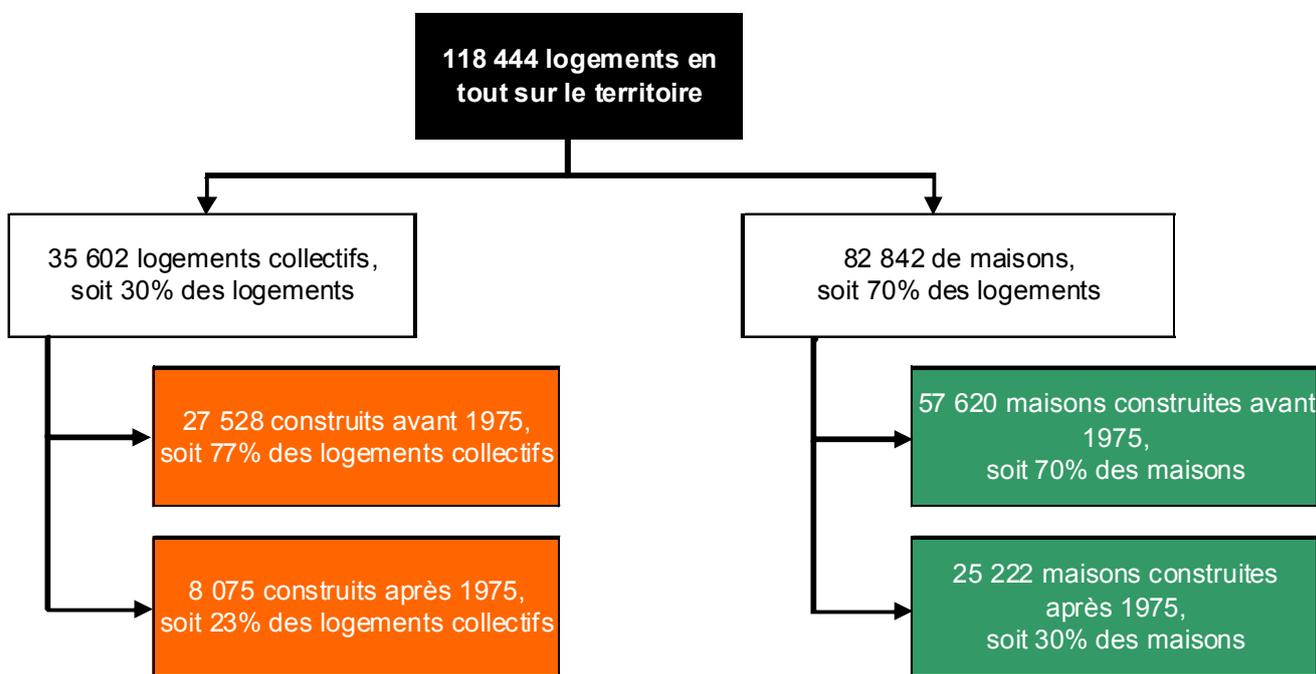


Figure 2 : Répartition du parc de logements (sources : INSEE – RP06)

Le parc de logement est constitué à 70 % de maisons individuelles ; pour 70 % d'entre elles, elles ont été construites avant 1975.

Les appartements représentent 30 % du parc de logement ; 77% d'entre eux ont été également construits avant 1975.

3.1.2. NOMBRE DE LOGEMENTS PAR IMMEUBLE

Le tableau ci-dessous représente les caractéristiques de l'habitat collectif selon le nombre de logements en Ardennes.

nombre d'étages	immeubles et logements	
	nombre d'immeubles	nombre de logements
4 étages ou moins	5 462	29 538
5 à 8 étages	248	4 159
9 étages ou plus	119	4 203
Total	5 829	37 900

Source : Recensement de la population 1999 - Exploitation principale - Copyright INSEE

Nous nous servons de ces données pour estimer le nombre moyen de logements par immeuble sur le territoire étudié. Il est d'environ 6 à fin 1999.

3.1.3. STATUT D'OCCUPATION DES RESIDENCES PRINCIPALES

Statut des occupants	Maison	Appartement
Propriétaire	83%	12%
Locataire non HLM	13%	37%
Locataire HLM	5%	51%
	100%	100%

Sources : INSEE – RP2006

Sur le département le taux de propriétaire est de 83% pour les maisons principales. Ce taux est relativement élevé, ce sont eux qu'il faudra convaincre dans le cadre de la promotion des équipements à énergies renouvelables. En ce qui concerne les immeubles, il y a une forte proportion de locataire en HLM, or il est plus facile de convaincre les bailleurs sociaux d'installer des équipements d'énergies renouvelables, plutôt que de convaincre les propriétaires d'une immeuble de logements privés (ils ne se regroupent qu'une seule fois dans l'année pour la réunion du syndicat des copropriétaires et ne sont pas souvent enclins à ce lancer sur ces projets).

3.2. LA DYNAMIQUE DE CONSTRUCTION

Nous nous intéressons à la dynamique de construction entre 2000 et 2009. Ces données nous renseignent quant au nombre de logements collectifs, de maisons individuelles, de bureaux, d'industries, de commerce, etc qui ont été construits en dix ans sur le territoire.

Cette approche de la dynamique de construction, sur une période de dix ans, met également en évidence qu'au regard du nombre de constructions neuves réalisées, le parc existant reste toutefois beaucoup plus considérable. D'où, l'importance des efforts d'équipement de ce dernier en énergies renouvelables.

Près de 1 900 logements collectifs et de 8 600 maisons ont été construits en dix ans (entre 2000 et 2009) sur un total de plus de 35 602 logements collectifs et près de 82 842 maisons sur le territoire (en 2006).

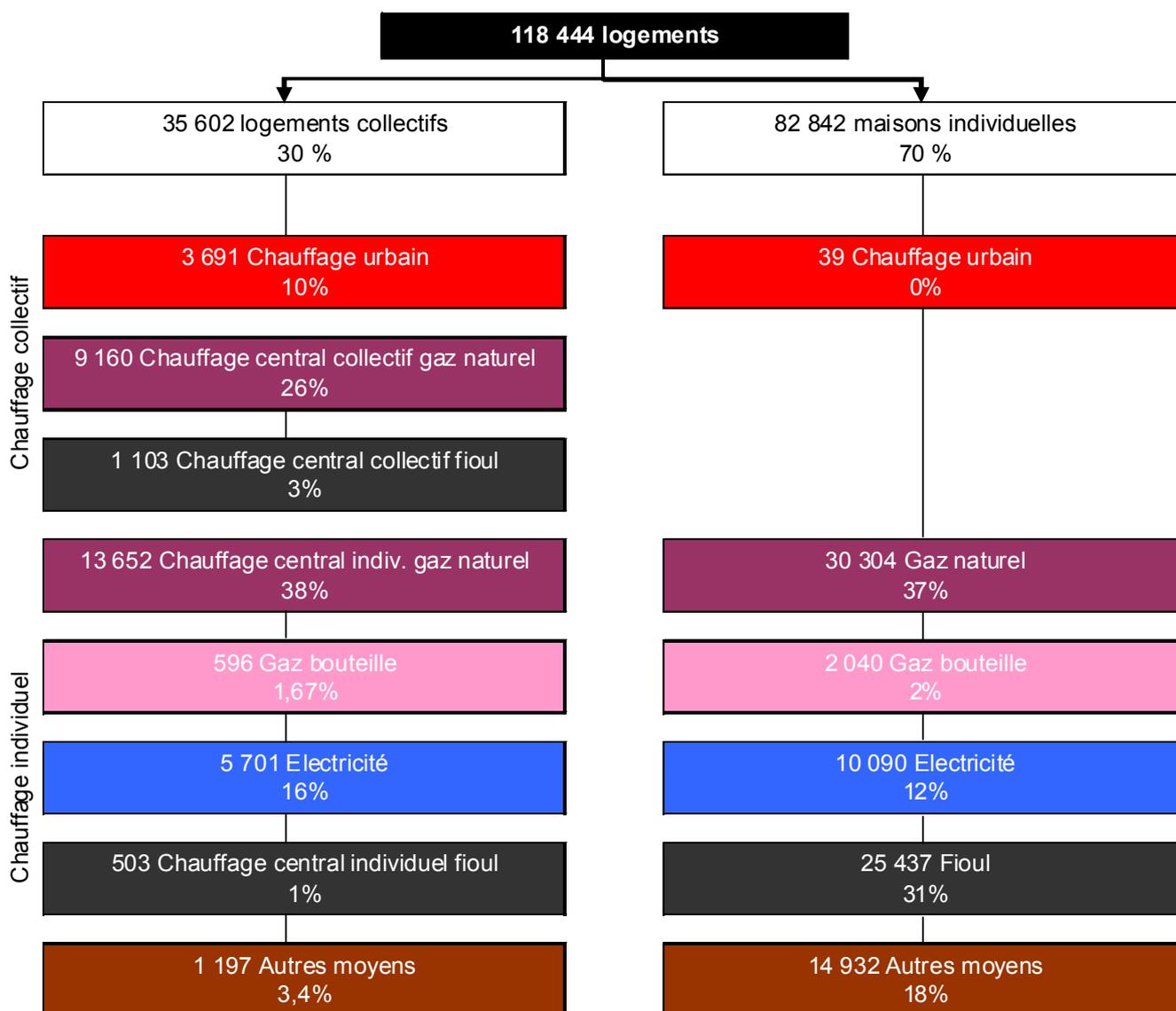
La dynamique de construction constatée entre 2000 et 2009 est d'environ 200 logements/an et 1 000 maisons/an.

3.2.1. LE MODE DE CHAUFFAGE DES LOGEMENTS

Le mode de chauffage du logement est un paramètre important puisqu'il conditionne l'opportunité (facilité, rentabilité) de changer de système de chauffage et d'énergie pour un particulier qui souhaiterait s'équiper avec un système à énergie renouvelable.

Remarque : Le mode de chauffage influe également pour des bâtiments collectifs, tertiaires ou industriels existants.

Les données disponibles et utilisées sont celles du recensement de la population de 2008 (données de 2006) de l'Insee.



Autres moyens = poêles, cheminée, cuisinière, radiateur mobile, appareil à accumulation, etc.

Figure 3 : Mode de chauffage dans les logements en 2006 (sources : INSEE – RP06)

Le gaz naturel est l'énergie la plus utilisée dans les maisons et dans les logements collectifs. L'électricité vient en second poste dans les logements collectifs. Le fioul est encore très significatif dans les maisons puisque c'est la deuxième énergie de chauffage, mais il est peu utilisé dans les immeubles. Par contre, presque un logement sur dix est desservi par le chauffage urbain. Le gaz bouteille est peu utilisé. Enfin, le recours aux modes de chauffage moins traditionnels (poêles, cheminées, cuisinières, radiateurs mobiles, etc.) est important dans les maisons.

3.2.1.1. Les logements collectifs

Chauffages individuels et collectifs confondus, le gaz naturel est l'énergie de chauffage des 2/3 des logements collectifs sur le territoire. Avec l'électricité, on atteint 80 % des logements. La diversité n'est donc pas très importante en termes d'énergies de chauffage.

Répartition du mode de chauffage des immeubles collectifs

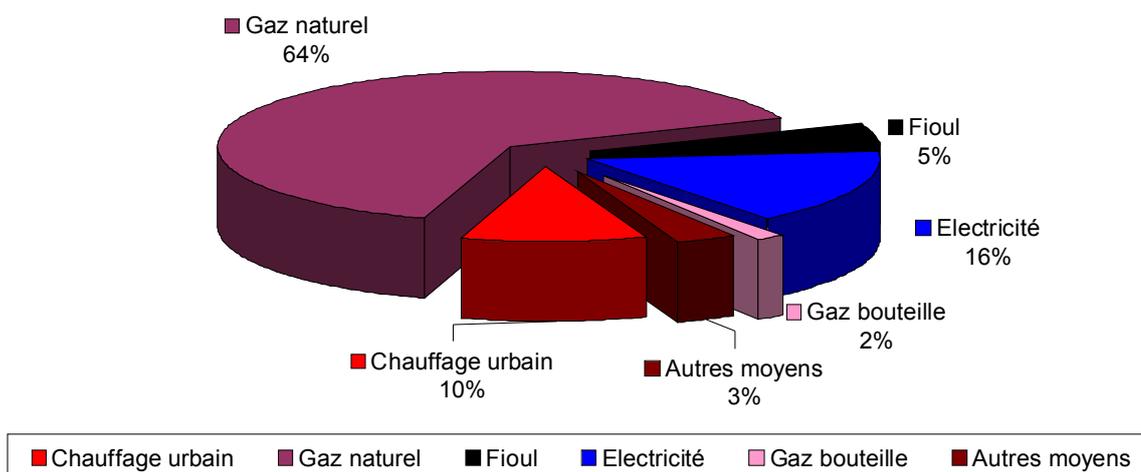


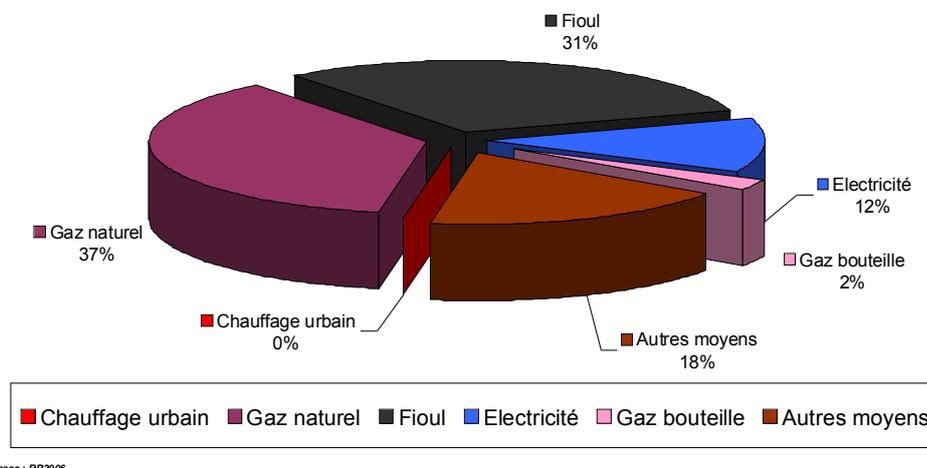
Figure 4 : Répartition des énergies de chauffage des logements collectifs en 2006 (sources : INSEE – RP06)

Parmi les sources d'énergie les plus facilement substituables se trouvent le fioul et le gaz propane : ce sont des énergies relativement chères et leur utilisation suppose qu'un réseau de distribution de chaleur (radiateurs) existe déjà, contrairement aux logements en chauffage électrique. Ces logements représentent près de 6% du parc de logements collectifs.

La mise en œuvre d'énergies renouvelables comme le solaire thermique est possible sur les logements dont la production d'eau chaude sanitaire est collective. Il suffit de placer un ballon solaire en amont du ballon d'ECS existant.

3.2.1.2. Les maisons individuelles

Répartition du mode de chauffage des maisons individuelles



Insee : RP2006

Figure 5 : Répartition des énergies de chauffage des maisons individuelles en 2006 (sources : INSEE – RP06)

Le gaz naturel est l'énergie prépondérante pour le chauffage des maisons, suivi par le fioul. Viennent ensuite les « autres moyens » de chauffage qui concernent les maisons chauffées avec une autre énergie (bois, géothermie, énergie solaire) ou par des appareils indépendants (poêle à pétrole, radiateur mobile, cuisinière) et enfin l'électricité et le gaz propane.

Comme pour les logements collectifs, on peut cibler préférentiellement (mais pas uniquement) les logements chauffés au fioul ou au propane, soit 33% des maisons individuelles. Sur ces cibles il est non seulement possible de chauffer l'eau chaude sanitaire mais également d'envisager le chauffage des maisons en installant un système solaire combiné. Il est préférable de disposer déjà d'un système de chauffage par le sol mais dans le cas de radiateurs, ceux-ci peuvent être changés pour des modèles à grande surface émissive.

Techniquement, la mise en œuvre d'énergies renouvelables comme le solaire thermique pour l'eau chaude sanitaire est possible sur toutes les maisons quelque soit leur mode de chauffage¹. Il suffit de placer un ballon solaire en amont du ballon d'ECS existant.

Pour le chauffage, c'est plus délicat, puisqu'il faut disposer :

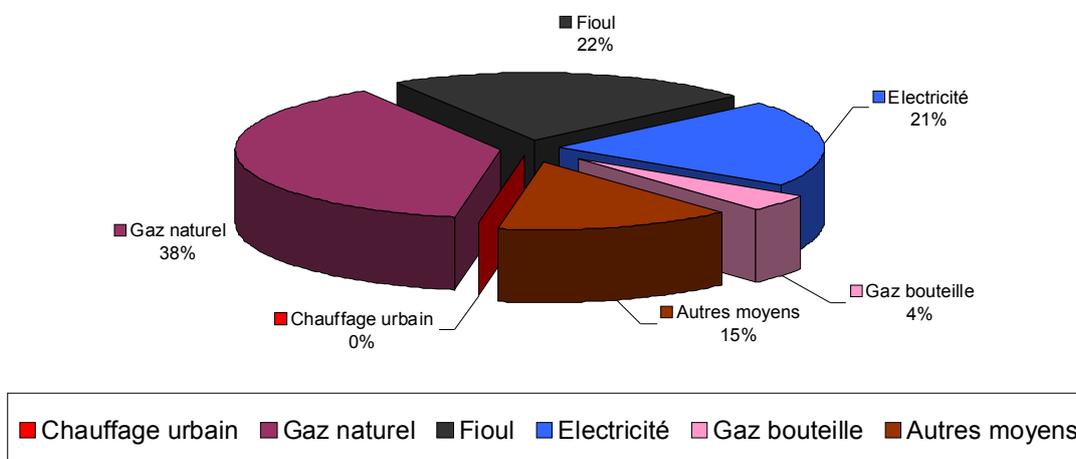
- idéalement d'un plancher chauffant ou de radiateurs à eau,
- d'une surface importante pour les capteurs (env. 1,5 m²/logement).

¹ Seules les maisons raccordées au réseau de chaleur peuvent difficilement s'équiper, pour des raisons juridiques.

3.2.1.3. Evolution des modes de chauffage

Sur les logements collectifs et les maisons individuelles, la répartition des énergies de chauffage a évolué. Le gaz naturel est toujours l'énergie préférée et la part du fioul recule au profit de l'électricité qui atteint 21%. À noter toujours, l'importance des autres moyens de chauffage (essentiellement le bois) sur le territoire.

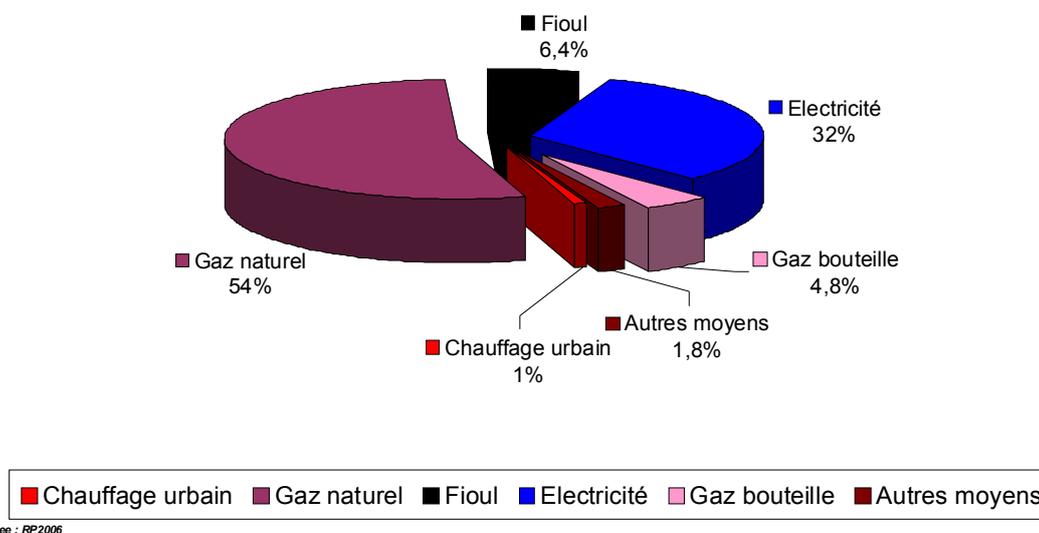
Répartition du mode de chauffage des maisons individuelles après 1999



Insee : RP2006

Figure 6 : Répartition des énergies de chauffage après 1999 pour les maisons individuelles (source : INSEE – RP06)

Répartition du mode de chauffage des immeubles collectifs après 1999



Insee : RP2006

Figure 7 : Répartition des énergies de chauffage après 1999 pour les logements collectifs (source : INSEE – RP06)

Si la répartition des énergies de chauffage semble relativement diversifiée pour l'ensemble du parc existant, il n'en est pas de même pour les nouvelles constructions qui s'orientent de plus en plus sur des solutions de chauffage au gaz naturel ou à l'électricité (dont pompes à chaleur). Le chauffage urbain n'est plus plébiscité et le fioul conserve sa part de marché.

La nécessité de favoriser les énergies renouvelables en substitution du gaz ou du fioul est évidente puisqu'il s'agit là de réduire les émissions de gaz à effets de serre, quant à la substitution de l'électricité, les arguments sont, là aussi, multiples :

1. la demande d'électricité doit être limitée pour le chauffage si l'on veut éviter le recours important à des centrales thermiques en hiver (le chauffage électrique est responsable à hauteur de 180 gCO₂/kWh ou 500 gCO₂/kWh selon la méthodologie de calcul², alors que la moyenne annuelle pour l'électricité est d'environ 80 gCO₂/kWh),
2. la prise en compte de l'énergie primaire dans la réglementation milite pour l'utilisation de systèmes de chauffage très performants et la substitution des systèmes conventionnels électriques (une centrale nucléaire ou thermique a un rendement de 35% environ, auquel il faut ajouter les pertes dans le réseau de transport),
3. les systèmes de chauffage à l'électricité entraînent d'importants et coûteux investissements pour le renforcement des réseaux électriques.

3.2.2. LE MODE DE CHAUFFAGE DE L'EAU CHAUDE SANITAIRE

Le mode de chauffage de l'eau chaude sanitaire n'est pas une donnée disponible dans le recensement de la population de l'INSEE. Seule l'énergie de chauffage est connue ; il nous faut donc prendre une hypothèse dans la mesure où cette énergie n'est pas nécessairement la même que pour le chauffage du logement.

L'eau chaude sanitaire peut être assurée par les énergies suivantes : l'électricité, le gaz (de ville ou en bouteille), un réseau de chaleur et plus rarement par le fioul.

² Note ADEME/EDF, 2005 : contenu moyen de 180 gCO₂/kWh - Note ADEME/RTE, 2007 : contenu marginal de 500gCO₂/kWh.

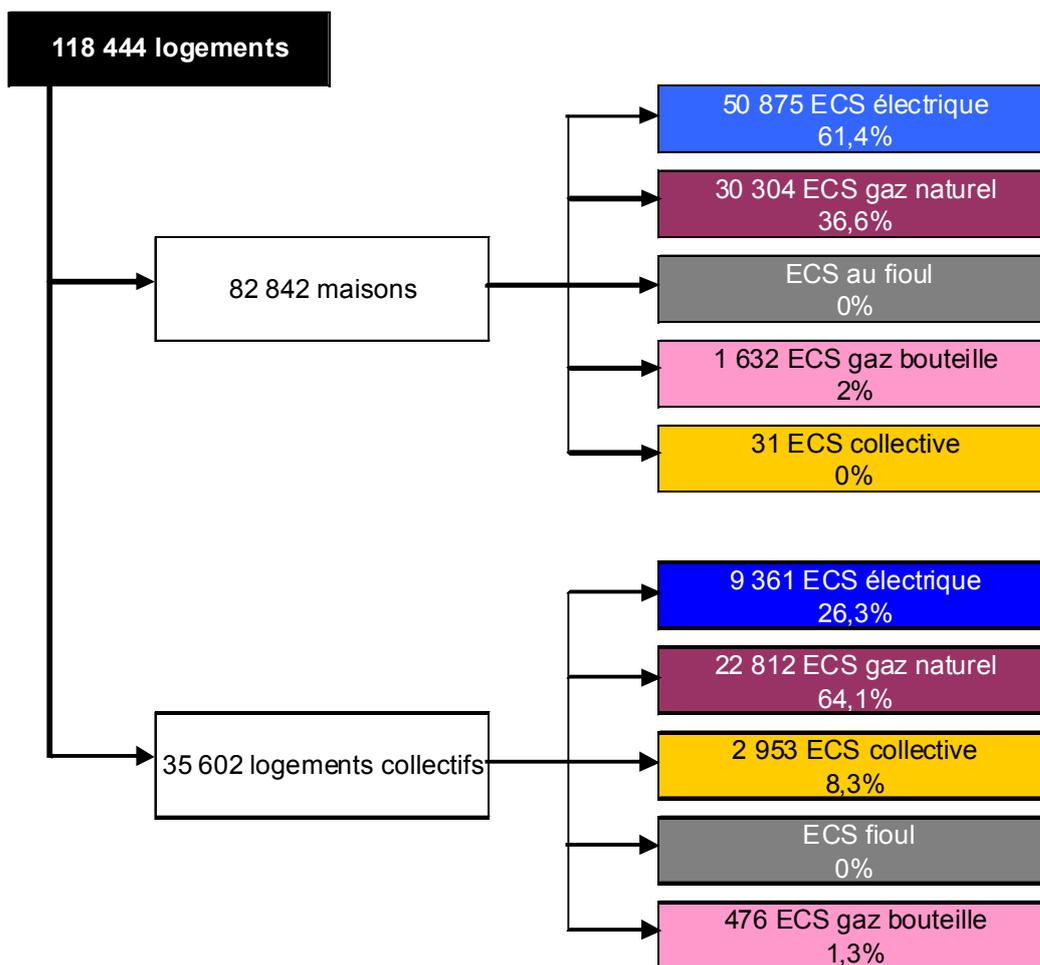


Figure 8 : Mode de chauffage de l'eau chaude sanitaire en 2006 (sources : INSEE – RP06)

4. ANALYSE CARTOGRAPHIQUE

L'analyse cartographique a consisté en l'étude des ombres portées des bâtiments et de leur orientation. L'objectif étant d'identifier les toitures des bâtiments à l'ombre et les bâtiments dont les deux pans de toitures sont mal orientés pour une installation solaire.

Pour les ombres portées des bâtiments, il s'agit de la mise en œuvre de plusieurs requêtes qui identifient les toitures à l'ombre un partie de la journée (entre 9 heure et 16 heure) pendant au moins six mois de l'année³. L'analyse des bâtiments mal orientés n'a pas été réalisée pour les bâtiments industriels, commerciaux, sportifs et les serres ; ces bâtiments ont majoritairement des toitures-terrasses ou faiblement inclinées qui ne sont pas concernées par l'orientation.

³ La marge d'erreur sur l'identification des toitures à l'ombre est inférieure à 5%.

4.1. TYPOLOGIE DES BATIMENTS

Nous avons établi une typologie des bâtiments à partir des catégories proposées par le thème bâtiment de la base de données de l'IGN.

Nous présentons ci-dessous ce que regroupent les termes employés dans la catégorie des bâtiments pour ceux qui nous intéressent et qui représentent plus de 99% de la surface des toitures.

Autre

Définition : Valeur prise par défaut, chaque fois que l'aspect général d'un bâtiment ne révèle rien de sa nature exacte.

Regroupement : Bâtiment d'habitation, Baraquement, Bungalow, Bureaux, Cabane, Chalet, Château, Citadelle, Clinique, Constructions diverses, Etablissement scolaire, Garage individuel (>50 m²), Grange, Lavoir couvert, Musée, Observatoire, Prison, Théâtre antique, Tour de contrôle, Université, Village de vacances.

Nous avons exploité la surface et la hauteur afin de distinguer les maisons et les immeubles et ainsi obtenir une photographie plus précise de la catégorie 'Autre'.

Tous les polygones de moins de 10 m de haut et d'une surface inférieure à 500 m² sont placés dans la catégorie 'Maison' (cette valeur qui paraît importante pour une sélection des maisons, ne l'est pas compte tenu du regroupement des maisons dans un seul polygone, prendre une valeur inférieure entrainerait un biais sur la surface réelle des maisons comme nous le confirmera le recoupement avec les données de l'INSEE).

La nouvelle catégorie des maisons regroupe encore, après distinction de la surface et de la hauteur, les baraquements, bungalow, cabane, chalet, grange, garage individuel, construction diverse et bien sur les maisons. La surface totale des toits totalise 12 066 354 m².



Les statistiques de la construction sur une période de dix ans, indiquent un nombre très important de bâtiments agricole (qui se trouvent en partie dans la catégorie maison). En effet pas moins de 900 000 m² de SHON ont été réalisés en 10 ans.

Les immeubles quant à eux regroupent, outre les immeubles d'habitation, les immeubles de bureaux, les châteaux, les cliniques, les établissements scolaires, les musées, les prisons, les théâtres antiques, les tours de contrôle et les villages de vacances. La surface totale des toits totalise 7 607 292 m².



Bâtiment industriel

Définition : Bâtiment réservé à des activités industrielles

Regroupement : Abattoir, Atelier (grand), Bâtiment industriel (grand), Centrale électrique (bâtiment), Construction technique, Entrepôt, Hangar industriel (grand), Scierie, Usine. La surface totale des toits totalise 10 081 568 m².



Bâtiment commercial

Définition : Bâtiment de grande surface réservé à des activités commerciales

Regroupement : Centre commercial, Hypermarché, Magasin (grand, isolé), Parc des expositions (bâtiment). La surface totale des toits totalise 133 873 m².



Bâtiment sportif

Définition : Bâtiment réservé à la pratique sportive.

Regroupement : Gymnase, Piscine couverte, Salle de sport, Tennis couvert. La surface totale des toits totalise 116 048 m².



Serre

Définition : Abri clos à parois translucides destiné à protéger les végétaux du froid.

Regroupement : Jardinerie, Serre

Sélection : Les serres en arceaux de moins de 20 m de long sont exclues.

Modélisation : Les serres situées à moins de 3 m les unes des autres sont modélisées par un seul objet englobant l'ensemble des serres en s'appuyant au maximum sur leurs contours. De plus, les serres de type tunnels (en plastique) sont bien sur comptabilisées dans les surfaces totales, nous avons donc divisé par deux la surface afin de refléter les toitures réellement exploitables pour des installations solaires. La surface totale des serres totalise 52 254 m² de toiture.

Les autres catégories de bâtiments sont les silos, mairies, gares, église, bâtiments religieux, etc. Ils représentent moins de 2% des surfaces de toiture.



Bâtiment	Surface (m ²)	% du total
Maison	12 066 354	40,1%
Immeuble	7 607 292	25,3%
Bâtiment industriel	10 081 568	33,5%
Bâtiment commercial	133 873	0,4%
Bâtiment sportif	116 048	0,4%
Serre	52 254	0,2%
	30 057 389	100%

Tableau 2 : Répartition des surfaces de toiture par type de bâtiment et de toiture

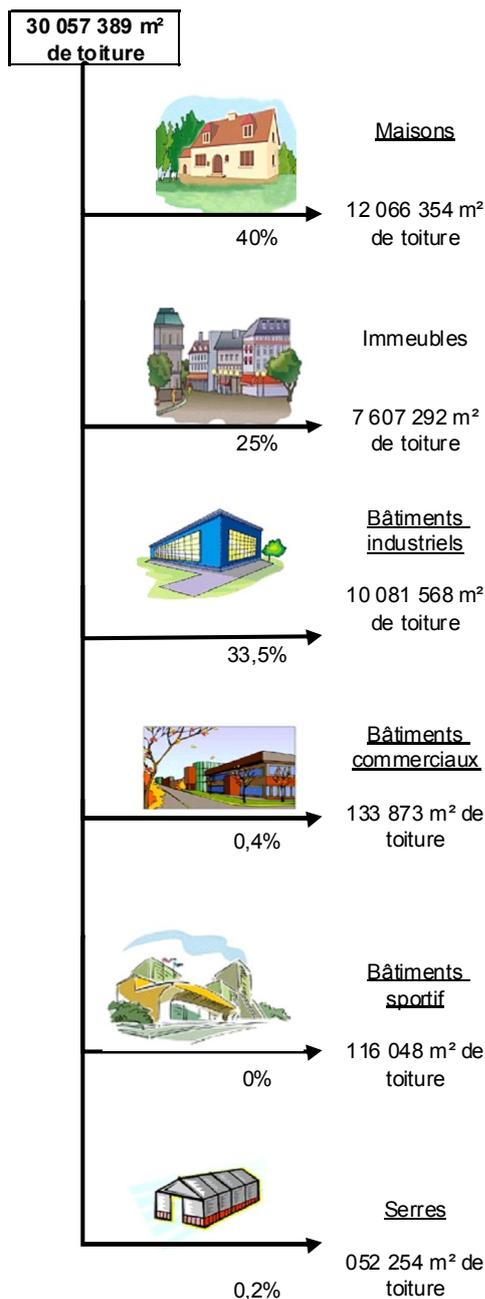


Figure 9 : Répartition des surfaces de toiture par type de bâtiment et de toiture

4.2. LES CONTRAINTES REGLEMENTAIRES DE PROTECTION DU PATRIMOINE BATI

Le positionnement d'un bâtiment en regard des protections patrimoniales définit les possibilités d'implanter un capteur solaire thermique ou photovoltaïque sur une toiture. Il faut également tenir compte des dispositions générales du PLU (Plan Local d'Urbanisme) qui indique les contraintes à respecter. Dans certains secteurs, des règlements plus contraignants existent (Site classé, ZPPAUP, périmètre des

monuments historiques ...). Nous présentons ci-après le classement de ces zones de protection de la plus contraignante à la moins rédhibitoire pour l'implantation de panneaux solaires.

La réglementation va prochainement évoluer à la suite du Grenelle de l'environnement. En effet, la mesure N°4 présentée dans le document « 50 mesures pour un développement des énergies renouvelables à haute qualité environnementale » précise :

Mesure n°4 - Le permis de construire ne pourra plus s'opposer à l'installation de systèmes de production d'énergie renouvelable sur les bâtiments, sauf dans des périmètres nécessitant une protection, identifiés par l'autorité compétente en matière de plan local d'urbanisme, ou dans des zones spécifiques (secteur sauvegardé, site inscrit ou classé, ...).

Cela signifie notamment que la notion du périmètre de 500 m aux abords d'un monument historique devrait être repensée et évoluer vers une définition plus précise de la zone d'interaction avec le monument historique.

Les indications ci-dessous ne tiennent pas compte de ces évolutions qui ne sont pas encore actées.

1. Les secteurs sauvegardés

Les capteurs solaires vont très difficilement s'insérer dans un secteur sauvegardé. **Il n'est pas envisageable d'installer des capteurs solaires dans un secteur sauvegardé**, à moins qu'ils ne soient pas visibles depuis l'espace public.

→ *Il y a deux secteurs sauvegardés sur le territoire (Charleville-Mézières et Sedan)*

2. Les sites classés

Les capteurs solaires devront être parfaitement intégrés au site. Il faut absolument éviter les pièces rapportées et les perceptions visuelles qui entreraient en concurrence avec le site classé. **Il paraît difficile d'installer des capteurs solaires dans un site classé.**

→ *Onze sites classés sur le territoire.*

3. Les ZPPAUP (Zones de Protection du Patrimoine Architecturale, Urbain et Paysager)

L'implantation de capteurs solaires à l'intérieur d'une ZPPAUP est délicate puisque les capteurs ne devront pas être visibles du domaine public. Au cas où cela s'avérerait impossible, les capteurs devront offrir une discrétion maximale en recherchant une teinte assurant un fondu avec le matériau dominant de couverture. Dans tous les cas, un positionnement en façade principale est strictement interdit.

→ *On dénombre quatre ZPPAUP.*

4. Les monuments historiques

L'implantation d'un champ solaire est possible dans un périmètre de 500 mètres de rayon autour d'un édifice protégé, sous réserve d'étudier précisément les perceptions du champ solaire depuis les édifices et d'effectuer un examen des covisibilités de l'édifice et du champ solaire depuis différents points de vue remarquables.

→ Il y a 212 monuments historiques sur le territoire.

5. Les sites inscrits

L'implantation d'un champ solaire est possible dans un site inscrit, sous réserve d'étudier précisément les perceptions du champ solaire depuis les édifices et d'effectuer un examen des covisibilités de l'édifice et du champ solaire depuis différents points de vue remarquables.

→ Il y a 21 sites inscrits sur le territoire.

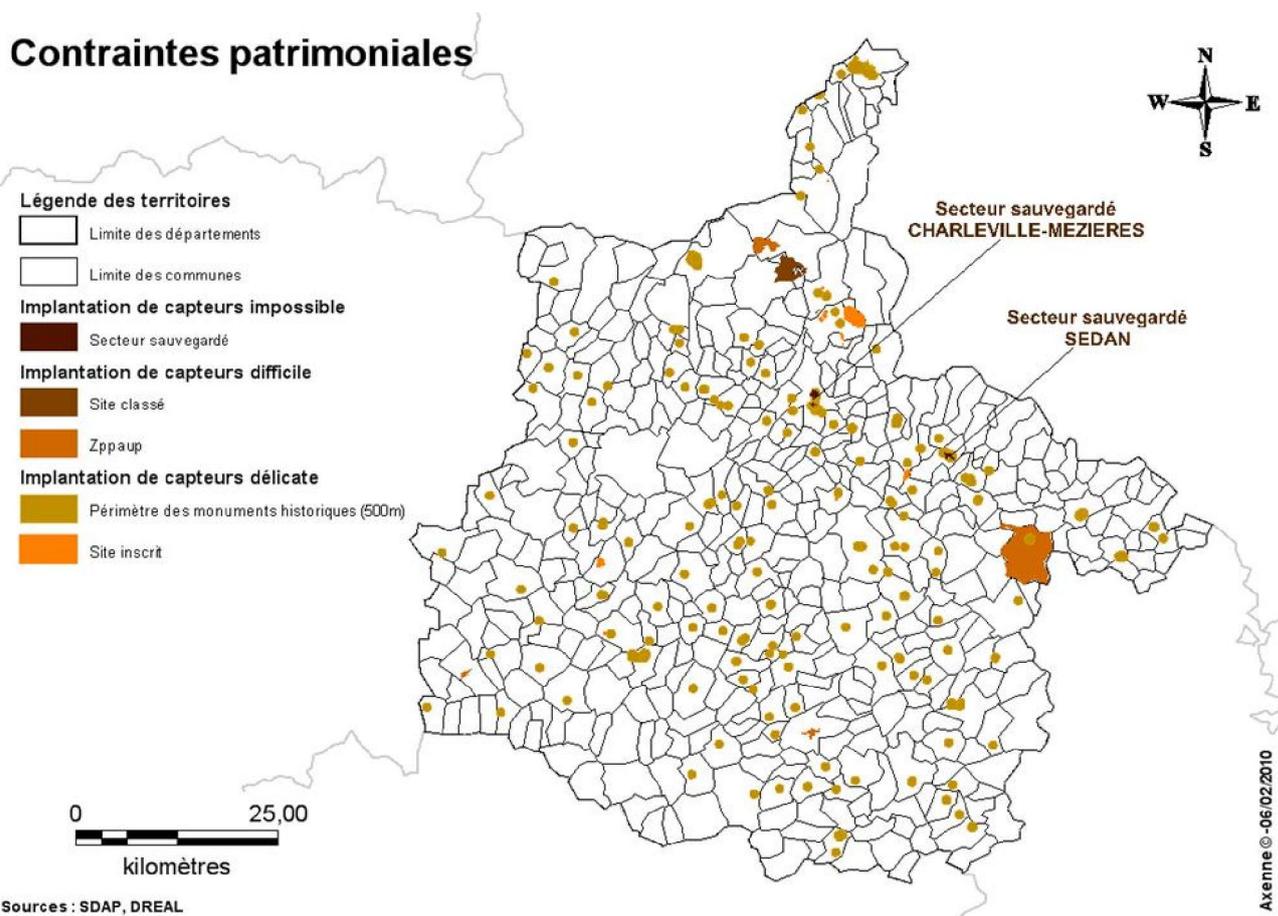


Figure 10 : Les contraintes du patrimoine bâti

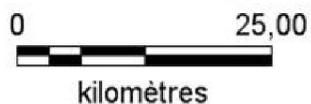
D'après la classification présentée et les différentes zones protégées au titre patrimonial, une carte représentant quatre niveaux d'enjeu pour l'implantation de panneaux solaires a pu être réalisée (voir page suivante) :

1. un niveau d'enjeu rédhibitoire où l'implantation de panneaux solaires est interdite,
2. un niveau d'enjeu fort où l'implantation de panneaux solaires est difficile,
3. un niveau d'enjeu moyen où l'implantation de panneaux solaires est délicate,
4. les zones où il n'y a pas de contraintes patrimoniales.

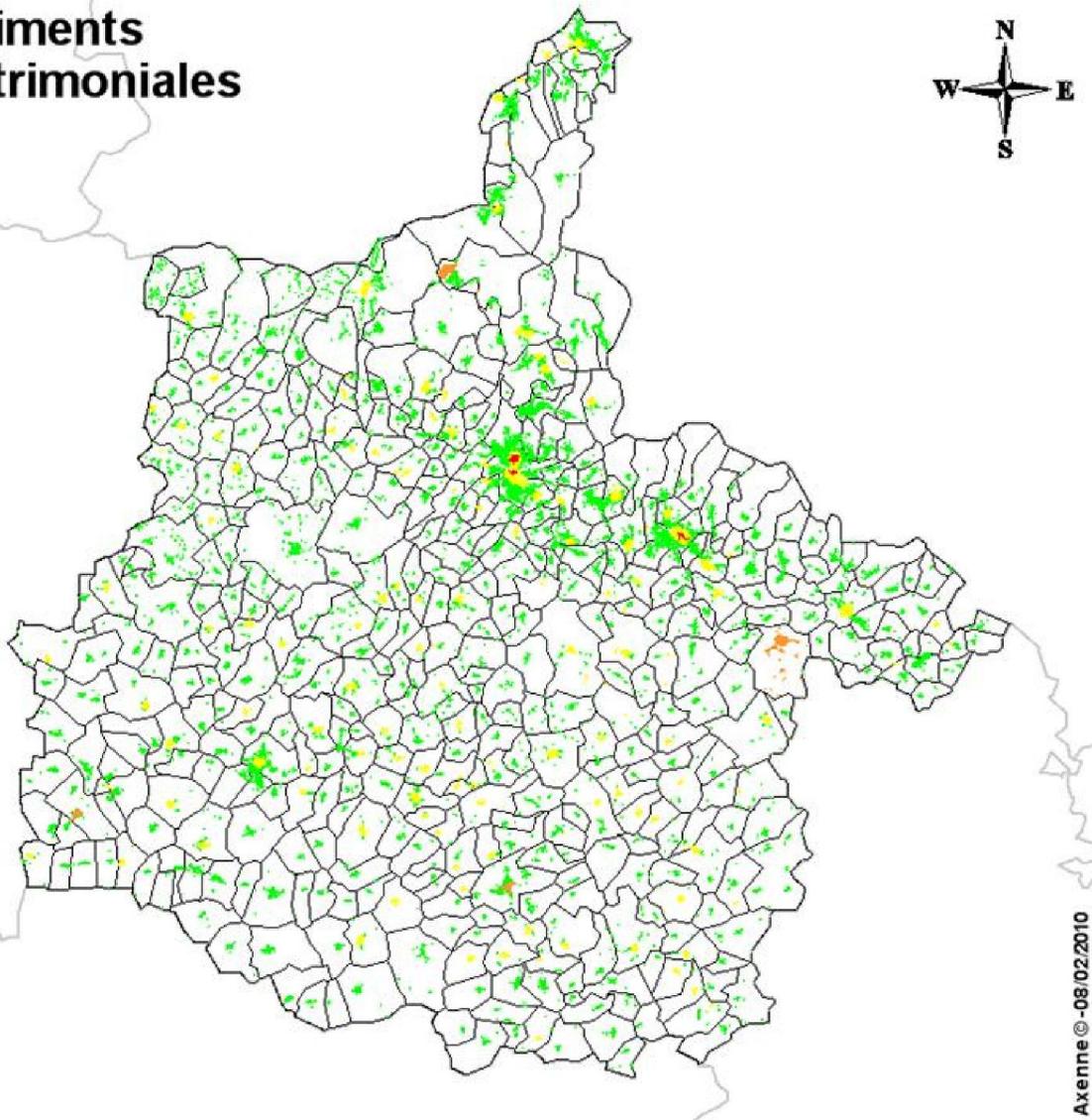
Cartographie des bâtiments et des contraintes patrimoniales

Contraintes réglementaires pour les installations solaires

- Pas de contrainte
- Implantation délicate
- Implantation difficile
- Implantation impossible



Sources : IGN BDTopo, SDAP, DREAL



Axenne © -08/02/2010

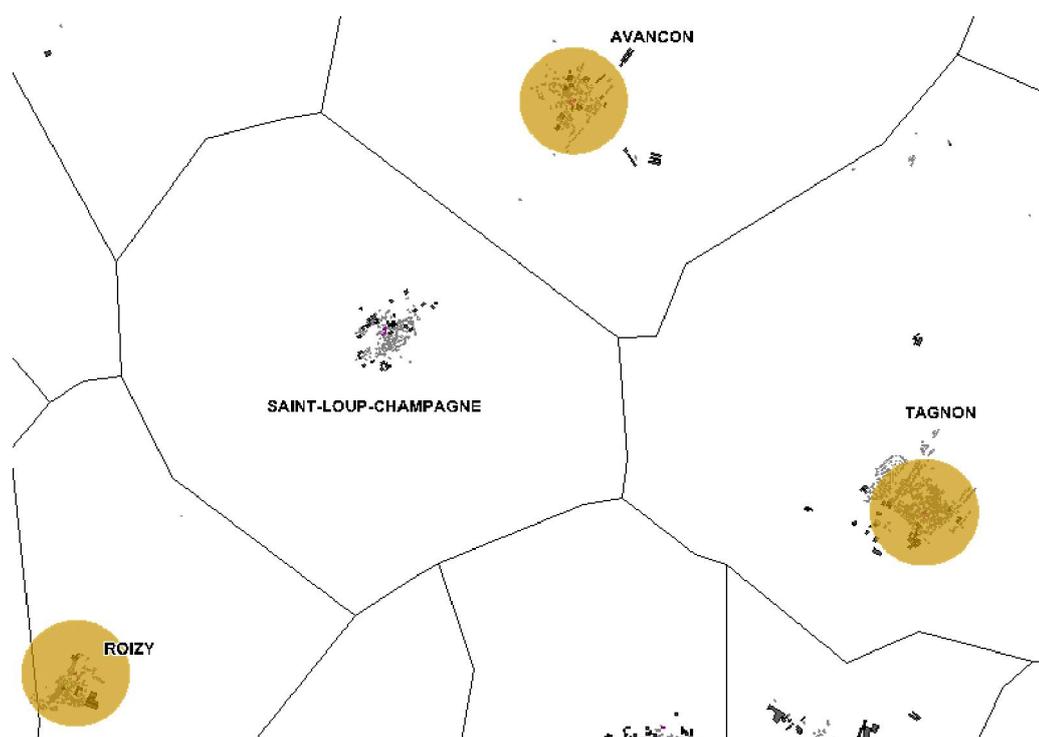
Figure 11 : Niveau d'enjeu pour l'implantation de panneaux solaires au regard des contraintes patrimoniales

Contraintes (patrimoine culturel)	Surface (m ²)	
Implantation impossible	438 101	1,4%
Implantation difficile	835 356	3%
Implantation délicate	6 207 964	20%
Pas de contrainte	23 029 406	75%

Tableau 3 : Répartition des surfaces de toiture par contrainte patrimoniale

Si dans l'ensemble peu de toitures semblent concernées par une contrainte d'ordre patrimonial, il faut toutefois noter que sur certaines communes la surface de toitures en zones délicates est quasiment aussi importante que la surface de toitures en zones non contraintes, voire même plus importante.

Ceci est dû à la présence de monuments historiques ou de sites classés. Comme on peut le voir ci-dessous, sur les communes d'Avançon, Tagnon ou Roizy, 80 % des surfaces de toitures sont concernées par le périmètre de 500m du monument historique.



Le périmètre de protection autour d'un monument historique peut, sur proposition de l'architecte des bâtiments de France et avec l'accord de la commune, être modifié. Selon le degré de visibilité du monument, la qualité du bâti ou des paysages environnants, un périmètre en cohérence avec la réalité du territoire et ses enjeux, peut alors se substituer au périmètre initial d'un rayon de 500 mètres autour du monument

Seule les communes de Charleville-Mézières et Sedan présentent une interdiction d'implantation de capteurs solaires du fait d'une protection patrimoniale forte (Secteur sauvegardé).

4.3. LES CONTRAINTES D'EXPOSITION : BATIMENT A L'OMBRE

Nous avons isolé les toitures de tous les immeubles ou maisons qui sont à l'ombre du fait de la présence d'un bâtiment de plus grande hauteur situé au sud. Pour cela, seuls les bâtiments susceptibles d'être à l'ombre de 9 heures à 16 heures (heure solaire) pendant plus de six mois de l'année ont été pris en compte.

Ainsi, le bâtiment 2 sur la figure ci-dessous est considéré comme non favorable à l'implantation de panneaux solaires. Par contre, le bâtiment 3 n'étant à l'ombre qu'en début de matinée nous ne l'avons pas éliminé puisque l'ensoleillement à cette période de la journée est moins important. La topographie est bien sûr prise en compte dans le cadre de cette analyse.

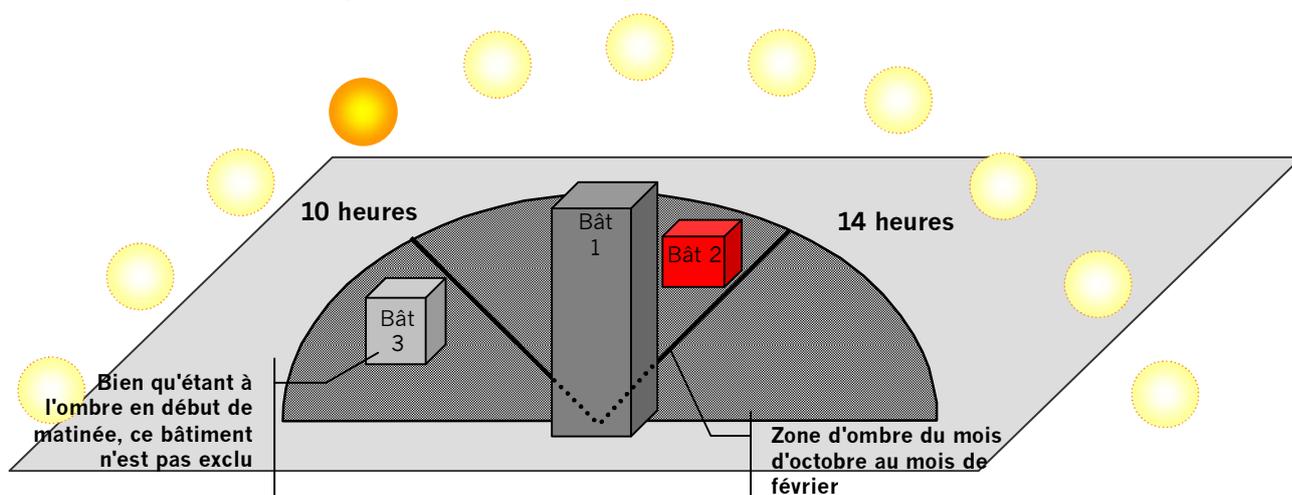


Figure 12 : Méthodologie de prise en compte des bâtiments à l'ombre

La carte suivante fait apparaître les bâtiments susceptibles d'être à l'ombre (en rouge) pendant une période trop importante dans l'année pour que la production de panneaux solaires qui y seraient installés soit intéressante.

Positionnement des bâtiments à l'ombre

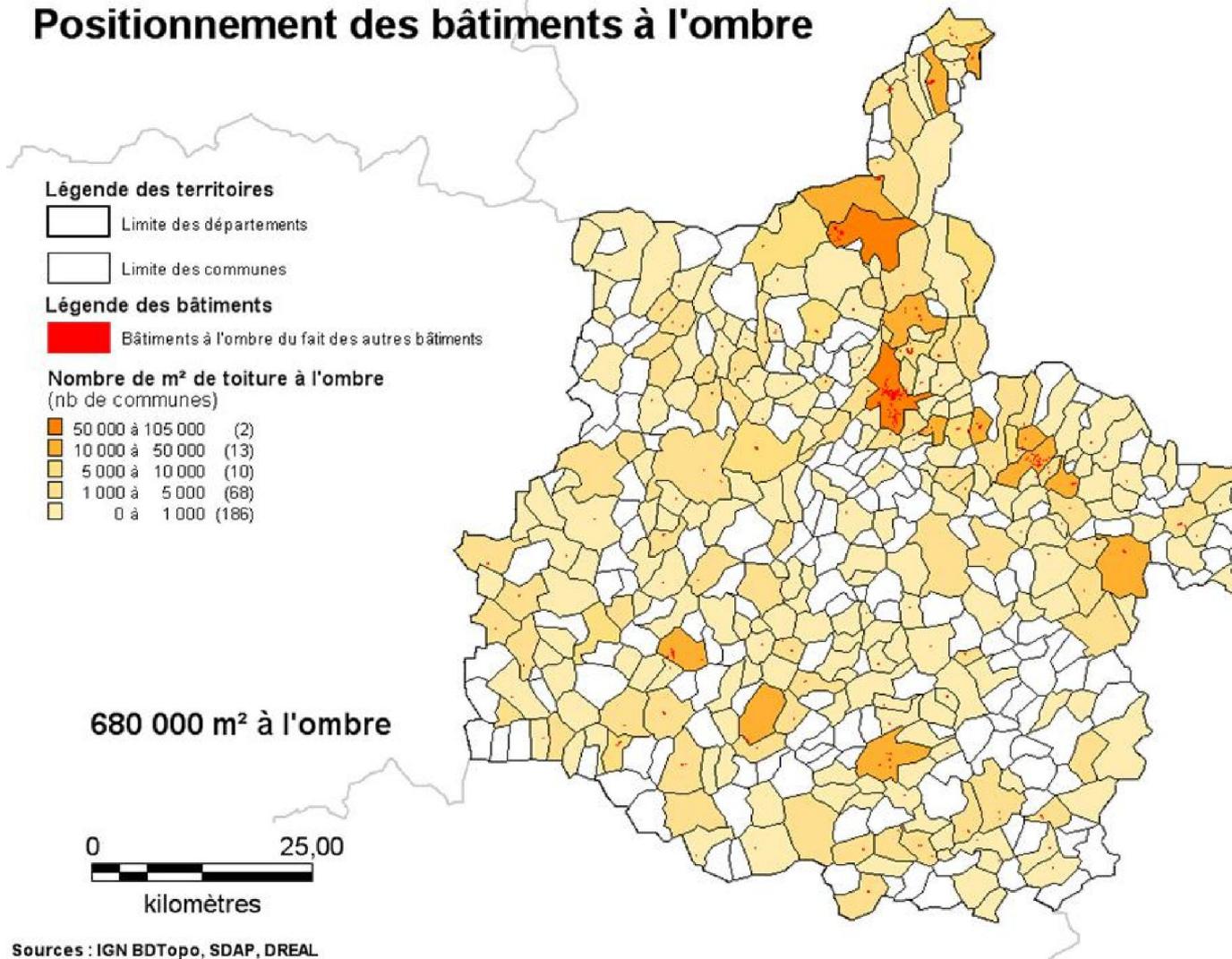


Figure 13 : Représentation des bâtiments à l'ombre

Type de bâtiment	Surface à l'ombre (m ²)	en % de la surface totale
Immeuble	193 362	3%
Maison	127 918	1%
Bâtiment industriel	340 252	3%
	661 532	2%

Tableau 4 : surfaces de toiture à l'ombre par typologie de bâtiment

Les surfaces de toiture à l'ombre du fait des autres bâtiments à proximité sont finalement assez faibles sur tout le territoire.

D'une manière générale, les bâtiments se font peu d'ombre de manière continue les uns aux autres. Cela peut s'expliquer du fait d'une urbanisation peu dense et également une homogénéité de la hauteur des bâtiments sur le territoire.

4.4. LES CONTRAINTES D'ORIENTATION DES BATIMENTS

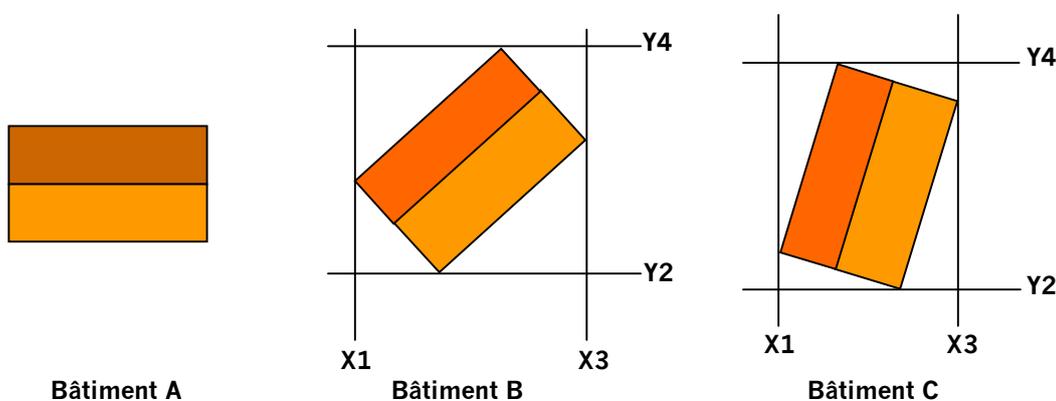
L'orientation des bâtiments est également un paramètre dont il faut tenir compte dans le cas de l'implantation d'un générateur photovoltaïque ou de capteurs solaires thermiques.

Cette orientation doit être idéalement au sud. Voilà pourquoi nous avons identifié toutes les maisons et immeubles dont les toitures sont à deux pans et mal orientées pour l'implantation de ces systèmes.

Seuls les bâtiments rectangulaires sont ainsi analysés puisqu'il y a une incertitude sur l'orientation des toitures pour les bâtiments carrés.

Les bâtiments qui ont une toiture orientée en deçà du sud-est et au-delà du sud-ouest sont considérés comme n'étant pas favorables à l'implantation de capteurs solaires.

Ainsi sur la figure ci-dessous, le bâtiment A est bien orienté, le bâtiment B se trouve en limite acceptable et le bâtiment C est identifié comme étant mal orienté.



Cette analyse a été réalisée uniquement sur Lille Métropole Communauté Urbaine puisqu'il nous fallait connaître le type de toiture (terrasse ou inclinée).

Type de bâtiment	Surfaces des toitures à deux pans mal orientées	en % de la surface totale
Immeuble	2 060 611	27%
Maison	2 069 431	17%
	4 130 042	

Tableau 5 : Surface des toitures à deux pans mal orientées

4.5. SYNTHÈSE DES CONTRAINTES PATRIMONIALES ET D'ENSOLEILLEMENT

Nous présentons ici les surfaces qui n'ont aucune contrainte, patrimoniale ou technique, et qui sont donc susceptibles d'accueillir des panneaux solaires. Les tableaux ci-dessous présentent les résultats à l'échelle de Lille Métropole Communauté Urbaine, mais ils sont disponibles à l'échelle communale.

Typologie de bâtiment	Surface sans aucune contrainte(m ²)	en % de la surface totale de la typologie
Immeuble	3 531 689	46%
Maison	7 684 591	64%
Bâtiment industriel	7 990 013	79%
	19 206 293	

Tableau 6 : Surface de toiture sans aucune contrainte

Cette analyse cartographique du potentiel solaire montre que la grande majorité des bâtiments du territoire ne subit ni contrainte réglementaire ni contrainte d'ensoleillement. Ces surfaces d'immeubles, de maisons et de bâtiments industriels sans contrainte totalisent plus de dix-neuf millions de mètres carrés.

Nous avons également calculé la part des surfaces de toitures sans contrainte technique (ombre portée ou mauvaise orientation) à l'intérieur des périmètres protégés au titre du patrimoine bâti :

- dans les ZPPAUP, 79% des toitures sont bien orientées et ne sont pas à l'ombre du fait d'autres bâtiments,
- dans le périmètre de 500 m des monuments historiques, 81% des toitures sont bien orientées et ne sont pas à l'ombre du fait d'autres bâtiments,
- dans les sites classés, 64 % des toitures sont bien orientées et ne sont pas à l'ombre du fait d'autres bâtiments,
- dans les sites inscrits, 76 % des toitures sont bien orientées et ne sont pas à l'ombre du fait d'autres bâtiments,

Nous présentons à la page suivante la cartographie de tous les bâtiments qui sont bien orientés, qui ne se font pas d'ombre et qui ne sont pas dans un périmètre protégé au titre du patrimoine bâti.

% de toitures libres de toute contrainte



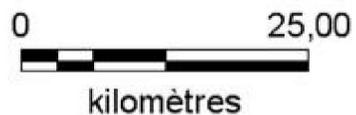
Légende des territoires

Limite des départements

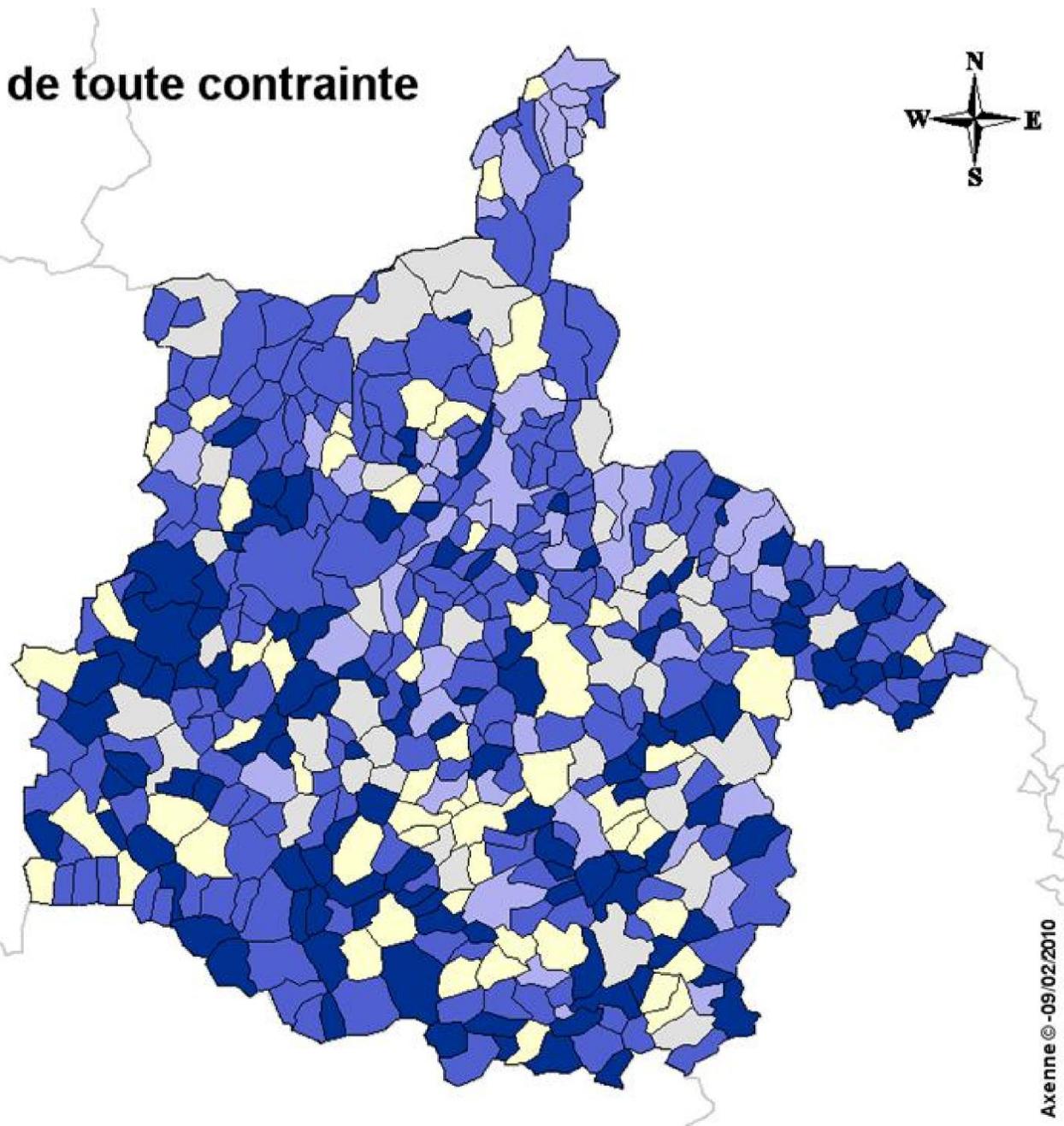
Limite des communes

% de toitures libres de toute contrainte

	90 à 100 %	(118)
	70 à 90 %	(201)
	50 à 70 %	(49)
	30 à 50 %	(37)
	0 à 30 %	(57)



Sources : IGN BDTopo, DREAL, SDAP



Axenne © -09/02/2010

Figure 14 : Représentation des bâtiments sans aucune contrainte et pourcentage de surface sans contrainte par commune

5. PRESENTATION DES GISEMENTS NETS

Les gisements nets représentent toutes les installations qu'il serait possible de réaliser sur les bâtiments en excluant les enjeux sur le patrimoine bâti et les problèmes techniques (ombres portées et mauvaise orientation des bâtiments) et en prenant en compte les aspects économiques (rentabilité des installations au regard du mode de chauffage actuel).

Les ratios calculés entre les surfaces exploitables et les surfaces totales de la typologie sont utilisés avec les données de l'habitat provenant de l'INSEE (cette fois le nombre exact de maisons existantes par exemple). En effet, suivant la typologie des bâtiments définie par l'IGN, nous ne conserverons de l'analyse cartographique que les % de surface de toiture sans contrainte que nous appliquerons à des données socio-économiques plus précises que les données cartographiques de l'IGN. Nous avons vu que les catégories définies par l'IGN ne fournissent pas le nombre exact de maisons ou de logements collectifs, mais une catégorie « maison » et « immeuble » auquel on ne peut pas se référer si l'on souhaite établir un potentiel sur les seules maisons d'habitation ou immeuble de logement. Par contre, pour les bâtiments industriels et commerciaux, nous conserverons les surfaces de toitures identifiées avec l'analyse cartographique des données de l'IGN puisqu'elles reflètent la réalité.

Enfin, la dynamique de construction est prise en compte afin de déterminer au-delà du parc existant, un potentiel sur les bâtiments neufs.

5.1. LES FILIERES « SOLAIRES THERMIQUES »

5.1.1. LES CHAUFFE-EAU SOLAIRES INDIVIDUELS (CESI)

5.1.1.1. Considérations économiques

Nous indiquons ci-après, pour une maison d'habitation, les temps de retour sur investissement d'une installation solaire pour le chauffage de l'eau chaude sanitaire, suivant l'énergie qu'elle substitue :

CHAUFFE-EAU SOLAIRE POUR LES MAISONS INDIVIDUELLES				
Energie substituée	Gaz nat	Fioul	Propane	Electricité HC
Temps de retour investisseur (ans)	13	14	8	15
Rejet de CO ₂ évité (kg/an)	346	485	413	64

Tableau 7 : Temps de retour sur investissement de l'eau chaude solaire pour l'habitat

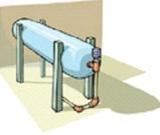
Ces temps de retour sur investissement tiennent compte d'une augmentation du coût des différentes énergies et de l'inflation. Ils ont été calculés pour une installation solaire thermique de 5,0 m² sur une habitation neuve (donc avec un taux de TVA à 19,6%). Le crédit d'impôt est bien sûr pris en compte tout comme les subventions de la Région (le temps de retour étant beaucoup plus important sinon).

5.1.1.2. Considérations techniques

Nous ne prendrons pas en compte les quelques maisons alimentées par le chauffage urbain (l'exploitant du réseau de chauffage n'acceptera pas qu'une installation solaire thermique vienne se greffer sur son réseau). Les maisons existantes équipées d'un cumulus électrique seront prises en compte, le temps de retour sur investissement est de 14 ans, contrairement au cas de figure d'une maison neuve (le taux de TVA passe en effet à 5,5% et on considère que le changement s'effectue au moment où le cumulus électrique aurait dû être changé). De plus, il est très facile d'installer un chauffe-eau solaire individuel sur une maison déjà équipée d'un cumulus électrique.

Les cibles indiquées dans le tableau - maisons chauffées par les différentes énergies - sont pondérées par le coefficient déterminé avec l'approche cartographique sur les contraintes d'implantation des panneaux solaires afin de déterminer le gisement atteignable techniquement et légalement (gisement net). Pour les maisons ayant une toiture inclinée, 64% sont « éligibles » pour l'installation de capteurs solaires (voir Tableau 6 : Surface de toiture sans aucune contrainte).

Gisement net des chauffe-eau solaires individuels dans les maisons existantes (recensement Insee) :

CHAUFFE-EAU SOLAIRE INDIVIDUEL DANS LES MAISONS EXISTANTES			
Nombre total de Maisons (cible totale)	50 875	1 632	30 304
Energie utilisée pour l'eau chaude sanitaire	ECS électrique	ECS gaz bouteille	ECS gaz naturel
Gisement net CESI (nb d'installations)	32 400	1 039	19 299
Gisement net annuel (nb d'installations)	2 700/an	52/an	965/an

x 64%

Tableau 8 : Gisement net pour les chauffe-eau solaires individuels sur le parc des maisons existantes

Le gisement net annuel tient compte du renouvellement des équipements (tous les 20 ans pour une chaudière fioul ou gaz et tous les 12 ans pour un cumulus électrique). Il est en effet plus facile de proposer un CESI lors du changement des actuels systèmes de chauffage de l'eau chaude sanitaire.

Gisement net des chauffe-eau solaires individuels dans les maisons neuves (statistique de la construction) :

Le gisement net des chauffe-eau solaires individuels est présenté dans le tableau ci-dessous, sachant qu'il est préférable de s'orienter sur un système solaire combiné (chauffage + eau chaude) lorsque l'habitation n'est pas construite.

x 64%

CHAUFFE-EAU SOLAIRE INDIVIDUEL SUR LES MAISONS NEUVES choix du mode de chauffage →				
Nombre de Maisons/an (cible totale)	352/an	221/an	41/an	386/an
Energie utilisée pour l'eau chaude sanitaire	Electricité	Fioul/Electricité	Gaz bouteille	Gaz naturel
Gisement net annuel CESI (nb d'installations)	224/an	141/an	26/an	246/an

Tableau 9 : Gisement net pour les chauffe-eau solaires individuels sur le parc des maisons neuves

L'hypothèse sur les modes de chauffage de l'eau chaude sanitaire est déduite du mode de chauffage constaté après l'année 2000.

Rappel des données 2008:

Dans l'année 2008, le nombre de CESI installés sur les maisons neuves et existantes sur le territoire était de 55 environ.

5.1.2. LES SYSTEMES SOLAIRES COMBINES (SSC)

5.1.2.1. Considérations économiques

Nous indiquons ci-après les temps de retour sur investissement d'une installation solaire pour le chauffage d'une habitation et de l'eau chaude sanitaire (ECS) :

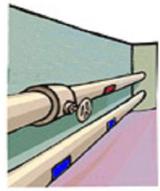
SYSTEME SOLAIRE COMBINE POUR LES MAISONS INDIVIDUELLES					
Energie substituée	Gaz nat	Fioul	Propane	Electricité	Chauffage urbain
Temps de retour investisseur (ans)	18	17	11	17	21
Rejet de CO₂ évité (kg/an)	1 822	2 551	2 174	4 211	1 742

Tableau 10 : Temps de retour sur investissement du chauffage solaire pour l'habitat

Ces temps de retour sur investissement tiennent compte d'une augmentation du coût des différentes énergies et de l'inflation. Ils ont été calculés pour une installation solaire thermique de 25 m². Le crédit d'impôt est bien sûr pris en compte tout comme les subventions de la Région (le temps de retour étant beaucoup plus important sinon).

5.1.2.2. Considérations techniques

Pour les maisons existantes, les maisons chauffées au gaz naturel, de même que les quelques maisons alimentées par le chauffage urbain et celles chauffées à l'électricité, ne sont pas prises en compte. Seules les maisons équipées d'un système de chauffage au gaz propane ou au fioul seront prises en compte. Pour une habitation chauffée à l'électricité la mise en œuvre d'un chauffage solaire demanderait un investissement trop important, et pour les habitations chauffées au gaz naturel ou via le chauffage urbain, le temps de retour sur investissement est trop important. L'idéal pour l'installation d'un système solaire combiné est de se trouver en présence d'un plancher chauffant existant à basse température qui peut être alimenté par une pompe à chaleur air-eau par exemple.

Pour les maisons neuves, toutes les énergies sauf le chauffage urbain (complexité de mise en place) sont prises en compte ; en effet, les coûts sont nettement réduits lorsque l'installation est prévue dès la conception de la maison, ce qui la rend plus attractive même si l'énergie principale de chauffage de la maison est « peu chère ».

La mise en place d'un système solaire combiné impose de trouver un espace dégagé orienté au sud et incliné à plus de 45°, cela signifie qu'il ne sera pas possible d'implanter ces systèmes sur toutes les habitations ciblées. Voilà pourquoi nous avons volontairement pris un coefficient de 50% qui sera appliqué en plus de celui que nous avons déterminé avec l'approche cartographique sur les contraintes d'implantation des panneaux solaires.

Gisement net des systèmes solaires combinés dans les maisons existantes (recensement Insee) :

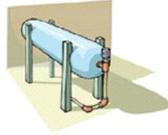
	SYSTEME SOLAIRE COMBINE SUR LES MAISONS EXISTANTES		
	Nombre total de Maisons (cible totale)	25 437	2 040
	Energie utilisée pour l'eau chaude sanitaire	Fioul	Gaz bouteille
x 64% x 50%	Gisement net SSC (nb d'installations)	8 100	649
	Gisement net annuel (nb d'installations)	405/an	32/an

Tableau 11 : Gisement net pour les systèmes solaires combinés dans les maisons existantes

Le gisement net annuel tient compte du renouvellement des équipements (tous les 20 ans pour une chaudière fioul ou gaz). Il faudra en effet proposer un système solaire combiné lors du changement des actuels systèmes de chauffage de l'habitation et de l'eau chaude sanitaire.

Gisement net des systèmes solaires combinés dans les maisons neuves (statistique de la construction) :

x 66% x 50%

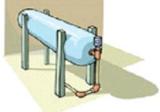
SYSTEME SOLAIRE COMBINE SUR LES MAISONS NEUVES				
Nombre de Maisons/an (cible totale)	207/an	386/an	221/an	41/an
Energie utilisée pour le chauffage	Electricité	Gaz naturel	Fioul	Gaz bouteille
Gisement net annuel SSC (nb d'installations)	66/an	123/an	70/an	13/an

Tableau 12 : Gisement net pour les systèmes solaires combinés sur des maisons neuves

L'hypothèse sur les modes de chauffage des maisons neuves est déduite du mode de chauffage constaté après l'année 2000.

Le gisement dans les habitations neuves est inférieur à ce qu'il serait possible de faire sur les maisons existantes.

Rappel des données 2008 :

Dans l'année 2008, le nombre de SSC installés sur les maisons neuves et existantes sur le territoire était de 38 environ.

5.1.3. LES CHAUFFE-EAU SOLAIRES COLLECTIFS (CESC)

5.1.3.1. Considérations économiques

Nous indiquons ci-après les temps de retour sur investissement d'une installation solaire pour le chauffage de l'eau chaude sanitaire pour les différentes énergies existantes :

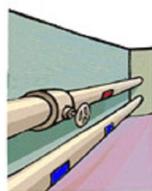
CHAUFFE-EAU SOLAIRE COLLECTIF					
Energie substituée	Gaz nat	Fioul	Propane	Electricité	Chauffage urbain
Temps de retour investisseur (ans)	16	14	5	11	12
Rejet de CO₂ évité (kg/an)	5 011	7 014	5 979	926	5 304

Tableau 13 : Temps de retour sur investissement de l'eau chaude solaire pour les logements collectifs

Ces temps de retour sur investissement tiennent compte d'une augmentation du coût des différentes énergies et de l'inflation. Ils ont été calculés pour une installation solaire thermique de 40 m² (moyenne des installations existantes sur

l'agglomération). Les subventions de la Région - 40 % - sont prises en compte (le temps de retour étant beaucoup plus important sinon).

Nous n'avons pas tenu compte du fond de chaleur géré par l'ADEME qui viendrait en complément des aides existantes dans le but de rendre tout projet rentable par rapport à une solution traditionnelle (disposition issue du Grenelle de l'environnement).

5.1.3.2. Considérations techniques

Dans l'habitat collectif

Les immeubles collectifs existants équipés d'un chauffage de l'eau chaude sanitaire individuel (type chaudière gaz ou cumulus électrique) ne sont pas pris en compte. Seuls les bâtiments existants équipés d'eau chaude solaire collective au fioul ou au propane sont comptabilisés pour l'analyse du gisement net. Les bâtiments existants raccordés au réseau de chaleur et au gaz naturel sont moins disposés à basculer sur l'énergie solaire (temps de retour sur investissement plus important).

Pour les immeubles collectifs neufs, les chauffages au gaz naturel et électricité sont pris en compte ; en effet, les coûts sont nettement réduits lorsque l'installation est prévue dès la conception de l'immeuble, ce qui la rend plus attractive même si l'énergie principale de chauffage est « peu chère ». Les autres énergies n'ont pas été prises en compte en raison essentiellement du faible nombre d'immeubles y recourant.

La cible indiquée dans le tableau est pondérée avec le coefficient issu de l'approche cartographique sur les contraintes d'implantation des panneaux solaires afin de déterminer le gisement atteignable techniquement et légalement (gisement net). Pour les immeubles 46% sont « éligibles » pour l'installation de capteurs solaires (voir **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

Nous avons retenu un ratio de 2 m² de capteur solaire installé par logement et pour estimer le nombre d'installations, nous avons pris le chiffre de 40 m² par installation (moyenne des installations collectives).

Gisement net des chauffe-eau solaires collectifs dans l'habitat collectif existant (recensement Insee) :

CHAUFFE-EAU SOLAIRE COLLECTIF DANS LES IMMEUBLES EXISTANTS			
	Nombre total de logements	1 103	9 160
	Energie utilisée pour l'eau chaude sanitaire	Chauffage central collectif fioul	Chauffage central collectif gaz
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">x 2 m²/logement x 46%</div>	Gisement net pour les chauffe-eau solaire collectifs (nb de m²)	1 024	8 505
	Gisement net CESC (nb d'installations)	26	213

Tableau 14 : Gisement net pour les chauffe-eau solaires collectifs sur le parc de logements collectifs existants

Un système solaire pour l'eau chaude sanitaire sur un immeuble collectif peut-être mis en œuvre n'importe quand dans la mesure où il s'agit de préchauffer l'eau sanitaire et donc d'installer un ballon solaire en amont du préparateur d'eau chaude existant.

Gisement net des chauffe-eau solaires collectifs dans l'habitat collectif neuf (statistique de la construction) :

Nous avons pris la même pondération pour calculer le gisement net annuel dans les immeubles neufs.

CHAUFFE-EAU SOLAIRE COLLECTIF DANS LES IMMEUBLES NEUFS			
	Nombre de logements/an	619/an	1 324/an
	Energie utilisée pour l'eau chaude sanitaire	Gaz naturel	Electricité
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">x 2 m² par logement x 46%</div>	Gisement net annuel pour les chauffe-eau solaire collectifs (nb de m²)	930/an	1 989/an
	Gisement net annuel pour les chauffe-eau solaire collectifs (nb d'installations)	23/an	50/an

Tableau 15 : Gisement net pour les chauffe-eau solaires collectifs sur des immeubles de logements neufs

Sur les bâtiments publics existants

Certains bâtiments publics sont tout à fait adaptés à l'installation de capteurs solaires thermiques pour la production d'eau chaude sanitaire : c'est le cas par exemple d'établissements de santé ou d'action sociale, d'hébergement, de bâtiments accueillant des activités culturelles et de loisirs, etc.

A l'inverse, certains bâtiments qui ferment leur porte en été (école, gymnase, etc.), ne sont pas adaptés à une installation solaire. En effet, au moment où l'installation produit le plus d'eau chaude il n'y a personne pour la consommer. Cela, engendre des problèmes techniques (surchauffe à gérer) et la rentabilité économique diminue fortement

Les données concernant la construction de ce type de bâtiments sont disponibles par l'intermédiaire du fichier des ASSEDIC. Le nombre d'établissements est détaillé à la NAF 732 pour l'année 2007.

Nous avons regroupé ensemble :

- les établissements de santé et d'action social : hôpitaux, cliniques, tous les foyers : personnes âgées, handicapés, jeunes travailleurs, etc.
- les établissements d'hébergement : hôtels, camping, autres hébergement,
- les bâtiments sportifs : salle de sport, centre de culture physique,

Pour ces trois catégories nous avons défini une surface moyenne de capteurs solaires thermiques.

Gisement net des chauffe-eau solaires collectifs dans les bâtiments publics existants (données socio-économiques) :

CHAUFFE-EAU SOLAIRE COLLECTIF SUR LES BATIMENTS TERTIAIRES EXISTANTS			
Type de bâtiment	Santé, action sociale (hôpital, maison de retraite, crèche, foyers, etc.)	Hébergement (hotels, camping, etc.)	Bâtiment culture et loisir (salle de sport, patinoire, club de gym, etc.)
Nb d'établissements (cible totale)	44	89	96
Installation type (m²)	60 m²	100 m²	40 m²
Gisement net surface installée (m²)	1 230 m²	4 130 m²	1 780 m²

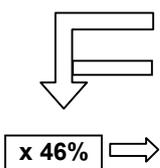


Tableau 16 : Gisement net pour les chauffe-eau solaires sur des bâtiments publics existants

Rappel des données 2008 :
 Fin 2008 le nombre total d'installations solaires collectives sur le territoire était inférieure à 5 installations.

5.1.4. LE CHAUFFAGE DES PISCINES

5.1.4.1. Considérations économiques

L'investissement pour la solarisation d'une piscine est généralement amorti sur une période de 4 à 6 ans (suivant l'énergie substituée et le type de capteurs installés - moquettes ou vitrés).

Les piscines pour lesquelles une installation solaire est avantageuse sont celles utilisant actuellement une énergie de chauffage relativement chère (comme l'électricité ou le fioul). Cependant, la substitution du gaz naturel reste également intéressante bien que le temps de retour soit plus long.

5.1.4.2. *Considérations techniques*

Parmi les 11 bassins existants sur le territoire, seules les piscines ayant une surface supérieure à 200 m² ont été retenues : ce sont celles qui ont a priori une utilisation continue. La surface de ces 11 piscines de plus de 200 m² s'élève à 3 263 m², ce qui pourrait représenter une surface de capteurs solaires de 816 m².

La principale contrainte pour la solarisation d'une piscine est de disposer d'une surface disponible suffisante, au sol ou en toiture, pour y implanter les capteurs, car la surface de capteurs nécessaire est égale, en première approximation, à la moitié de la surface du bassin à chauffer. Pour refléter cette contrainte, un coefficient de 50% a été appliqué, en considérant que seule une piscine sur deux pourrait être équipée.

Gisement net des installations solaires pour les piscines existantes :

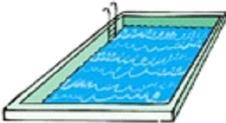
INSTALLATION SOLAIRE POUR LES BASSINS EXISTANTS	
Type de bâtiment	Bassins (surface >200)
nb de bassins (cible totale)	10
Gisement capteurs solaires (nb de m²)	816

Tableau 17 : Gisement net pour les installations solaires sur les piscines existantes

Actuellement, il n'y a pas de piscine équipée en solaire thermique, que ce soit pour le maintien en température des bassins ou pour le préchauffage de l'eau de renouvellement des bassins et/ou de l'eau chaude sanitaire.

5.1.5. *LE SOLAIRE DANS L'INDUSTRIE*

Les activités qui se prêtent le mieux à l'installation d'un chauffe-eau solaire sont les activités annuelles pour lesquelles la consommation d'eau chaude est importante (industrie agroalimentaire, papeterie, etc.).

Sur la base des données de construction SITADEL sur les bâtiments industriels hors stockage, il est possible d'estimer un gisement net : en effet, il est plus facile de concevoir une installation de ce type dès la conception d'un bâtiment.

Ces bâtiments ont été pondérés par les pourcentages obtenus pour les bâtiments industriels (zones d'activité) à partir de l'analyse cartographique (79%). Le résultat a encore été multiplié par 25 % car l'étude au cas par cas de ces industries risque d'en faire émerger un grand nombre pour lequel une installation de chauffage solaire de l'eau n'est pas adaptée.

Gisement net du solaire thermique dans l'industrie :

	SOLAIRE HAUTE-TEMPERATURE POUR L'INDUSTRIE	
	Type de bâtiment	Laiterie, abattoir, blanchisserie, industrie alimentaire, etc.
x 79% x 25%	Nb d'établissements (cible totale)	45
	Gisement net (nb d'installations)	9

Tableau 18 : Gisement net pour le solaire thermique dans l'industrie

5.2. LES FILIERES « PHOTOVOLTAÏQUE »

Nous indiquons ci-après les temps de retour sur investissement d'une installation photovoltaïque pour les différents acteurs et suivant le cas de figure (bâtiment neuf ou vieux de plus de 2 ans) :

INSTALLATION PHOTO-VOLTAÏQUE							
	Habitat individuel		Collectivité		Entreprise		
Cas de figure	Maison > 2 ans	Maison neuve	Bâtiment > 2ans	Bâtiment neuf	Bâtiment > 2 ans	Bâiment neuf	Centrale photovoltaïque
Temps de retour investisseur (ans)	9	13	16	19	16	18	18

Tableau 19 : Temps de retour sur investissement d'une installation photovoltaïque pour différents maîtres d'ouvrage

Ces temps de retour sur investissement tiennent compte du tarif d'achat de l'électricité photovoltaïque, des subventions de la Région et du crédit d'impôt pour les installations individuelles sur des habitations principales :

- tarif d'achat à compter du **12 janvier 2010**:
 - 58 c€/kWh pour une installation intégrée en toiture sur une maison à usage de résidence principale ou si les bâtiments ont plus de deux ans pour les établissements de santé et d'enseignement,
 - 50 c€/kWh pour une installation intégrée en toiture sur un bâtiment de plus de deux ans,
 - 42 c€/kWh, pour une installation intégrée en toiture sur un bâtiment neuf clos couvert sur au moins trois côtés.
- pas de subvention de la région.
- crédit d'impôt de 50 % du montant de l'opération hors pose pour les particuliers.

5.2.1. LE PHOTOVOLTAÏQUE RACCORDE AU RESEAU DANS L'HABITAT

Toutes les habitations existantes sont susceptibles d'être équipées d'un générateur photovoltaïque, il faut donc simplement tenir compte des contraintes réglementaires (3kWc : le seuil pour bénéficier du crédit d'impôt et du taux de TVA réduit) et techniques (orientation des maisons, ombres portées, etc.) afin de déterminer le gisement net de la filière photovoltaïque.

Pour les habitations neuves, nous avons pris comme hypothèse qu'une intégration architecturale sur toiture inclinée serait toujours réalisée compte tenu du tarif bien plus avantageux qui permet d'obtenir un temps de retour sur investissement beaucoup plus intéressant. Le coefficient affecté pour calculer le gisement net est le même que pour les habitations existantes.

Les cibles indiquées dans le tableau sont pondérées avec l'approche cartographique sur les contraintes d'implantation des modules photovoltaïques afin de déterminer le gisement atteignable techniquement et légalement (gisement net). Pour les maisons 64% sont situées en zone non contrainte pour l'installation de capteurs solaires photovoltaïques.

Pour tenir compte du fait qu'au-delà de 30 m² le particulier ne pourra plus bénéficier du crédit d'impôt et de la TVA réduite sur les travaux, le gisement en mètre carré est calculé en prenant une surface de 30 m² pour chaque installation. Ceci permet également de conserver une cohérence quant aux capacités financières des particuliers.

Gisement net des installations photovoltaïques sur les maisons (recensement Insee pour l'existant, statistique de la construction pour le neuf) :

	PHOTOVOLTAÏQUE SUR LES MAISONS	
	 Toiture inclinée	 Toiture inclinée
Type d'installation	structure intégrée sur l'existant	structure intégrée sur le neuf par an
Nombre total de "maisons" (cible totale)	82 842	1 000/an
Gisement net pour les installations photovoltaïques (nb d'installations)	52 759	637/an
Gisement net (m² de toiture)	1 582 764	19 106/an

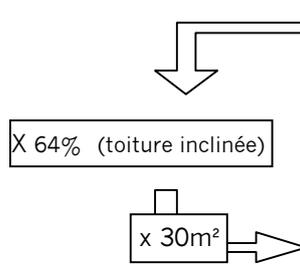


Tableau 20 : Gisement net des installations photovoltaïques sur les maisons

Le potentiel sur les habitations existantes est encore une fois bien supérieur au potentiel sur les constructions neuves.

Rappel des données 2008:

En 2008, le nombre total d'installations photovoltaïques individuelles réalisé sur le territoire a été de 250 environ.

5.2.2. LE PHOTOVOLTAÏQUE RACCORDE AU RESEAU SUR LES IMMEUBLES

Sur un immeuble collectif neuf, le promoteur est à même d'intégrer un générateur photovoltaïque sur son bâtiment et le remettre en exploitation à la copropriété. Le financement peut alors se faire en côte part des appartements vendus et les revenus de la vente de l'électricité venir en déduction des charges de copropriétés. Cette approche permet également d'engager les promoteurs sur des solutions d'utilisation rationnelle de l'énergie pour les usages des communs (éclairage, VMC, ascenseurs, etc.). Toutefois, sur un immeuble neuf le nouveau tarif d'achat de l'électricité est de 42 cts€/kWh.

Sur un immeuble existant, la démarche peut être un peu plus compliquée mais le tarif est de 50 cts€/kWh si le bâtiment à plus de deux ans.

Tous les immeubles sont susceptibles d'être équipés d'un générateur photovoltaïque, il faut donc simplement tenir compte des contraintes réglementaires et techniques (travail réalisé dans l'approche cartographique) afin de déterminer le gisement net pour cette catégorie de projets.

Les cibles sont les surfaces de toitures existantes par catégorie ou construites chaque année. Elles sont pondérées par le coefficient déterminé dans l'approche cartographique (46% tous types de toitures confondus). Un autre coefficient leur est appliqué :

- de 40% quelque soit la toiture (terrasse ou inclinée), puisque dans le premier cas il faut tenir compte des lanterneaux, conduits de ventilation et cages d'ascenseur et dans le second cas, seul un pan de la toiture est équipé et il faut tenir compte de la présence d'une éventuelle cheminée ou de velux,

Gisement net des installations photovoltaïques sur les immeubles (recensement Insee pour l'existant, statistique de la construction pour le neuf) :

		
PHOTOVOLTAÏQUE SUR LES IMMEUBLES DE LOGEMENT		
Type d'installation	Structure intégrée sur l'existant	structure intégrée sur des immeubles neufs
Nombre de m ² de toiture (cible totale)	1 010 667	4 000/an
Gisement net annuel surface installée (m ²)	187 681	743/an
Gisement net pour les installations photovoltaïques (nb d'installations)	938	4/an

$\times 46\% \times 40\%$

Tableau 21 : Gisement net pour les installations photovoltaïques sur les immeubles de logements neufs

Rappel des données 2008:

En 2008, 5 installations photovoltaïques ont été réalisées sur des immeubles de logement.

5.2.3. LE PHOTOVOLTAÏQUE RACCORDE AU RESEAU SUR LES GRANDS BATIMENTS

Les bâtiments ont été sélectionnés pour leur surface de toiture importante et pour l'aspect démonstratif. Au-delà d'un objectif de production d'électricité, le maître d'ouvrage pourra mettre en valeur l'installation photovoltaïque. La fréquentation des sites étant importante et hétéroclite, il sera possible de placer un panneau d'indication à l'entrée des bâtiments pour présenter en direct la production du générateur, sur les bâtiments d'enseignement, la centrale photovoltaïque pourra faire l'objet de travaux pratiques (PC raccordé à la centrale d'acquisition).

Pour les bâtiments, la cible a été pondérée par le coefficient obtenu pour les immeubles à partir de l'analyse cartographique (38%).

Gisement net des installations photovoltaïques sur les grands bâtiments existants (données statistiques sur le nombre d'établissements) :

PHOTOVOLTAÏQUE SUR LES BATIMENTS TERTIAIRES EXISTANTS	 Bâtiments sportifs, tribunes	 Commerce (supermarchés, entrepôt de stockage.)	 Enseignement (collèges, lycées, etc.)
Nb d'établissements (cible totale)	101	70	62
Installation type (m ²)	700 m ²	1 500 m ²	2 500 m ²
Gisement net surface installée (m²)	33 831 m²	48 746 m²	71 959 m²

Tableau 22 : Gisement net pour les installations photovoltaïques sur les grands bâtiments existants

Zoom sur les collèges du département

Nous avons appliqué notre méthodologie sur les collèges du département afin d'estimer en première approche le potentiel d'installations solaires photovoltaïques. Il faut rester prudent quant aux résultats obtenus puisque l'approche macro sur un nombre restreint de bâtiments ne tient pas compte des éventuelles ombres portées des arbres et peut également être faussé part une mauvaise interprétation de l'orientation du bâtiment.

Nous avons conservé les toitures de plus de 1 000 m², bien orientées qui ne sont pas à l'ombre du fait des autres bâtiments et qui ne se trouvent pas dans le périmètre d'un site classé, d'un monument historique, etc.

La surface de toiture totale des 15 bâtiments identifiés est de 26 000 m². Cela représente une puissance potentielle de 1Mw_c (10 500 m²) avec une technologie en polycristallin soit une production de 900 MWh/an.

Les bâtiments industriels

En ce qui concerne les bâtiments industriels existants clairement identifiés sur la carte, nous avons évalué un gisement net à partir de leurs orientations et de leurs positionnements précis vis-à-vis des contraintes patrimoniales. 40% de la surface de toiture ont été considérés comme disponibles pour les toitures inclinées, et 70% de la moitié de la surface pour les toitures inclinées.

Gisement net des installations photovoltaïques sur les bâtiments industriels existants (cartographie de l'IGN)

PHOTOVOLTAIQUE SUR LES GRANDS BATIMENTS EXISTANTS	 Industriel
Type de bâtiment	Bâtiments industriels existants
Nombre total de bâtiments (cible totale)	12 655
Nombre de m² de toiture	10 081 568
Gisement net pour les installations photovoltaïques (nb d'installations)	9 754
Gisement net (m² de toiture)	3 196 005

Tableau 23 : Gisement net des installations photovoltaïques sur les bâtiments industriels

5.2.4. LE MOBILIER URBAIN

Pour des applications urbaines, les modules photovoltaïques peuvent être intégrés au mobilier urbain : au dessus des horodateurs, sur un mât pour l'affichage en temps réel de la durée d'attente des bus, sur un panneau publicitaire pour son éclairage, etc.



L'installation photovoltaïque permet de s'affranchir d'un raccordement au réseau pour une consommation annuelle très faible (exemple de l'horodateur). Eviter le raccordement au réseau signifie d'une part s'affranchir des tranchées et d'autre part ne pas avoir à payer un abonnement finalement cher pour l'équipement alimenté.

Dans le cadre de l'éclairage public, les modules photovoltaïques captent l'énergie en journée et la restituent du crépuscule à l'aube, par le biais de batteries. Une centrale de commande détermine les heures d'éclairage. Il est également possible d'équiper ces lampadaires de détecteurs de présence déclenchant l'allumage dès le franchissement du périmètre surveillé. Les lampes utilisées sont des ampoules fluorescentes à vapeur de sodium basse pression. Quant aux batteries et au système de régulation, ils sont souvent intégrés au lampadaire (avec un bac à fleurs par exemple) ou sur un élément de mobilier proche (tel un banc).

Les horodateurs sont de loin le type de mobilier urbain faisant le plus appel au photovoltaïque, la rentabilité est telle qu'aucune subvention n'est nécessaire pour ce type d'application, le surcoût pour un horodateur est de 350 euros HT. Dans le même temps, l'économie générée la première année est de 115 euros sur l'abonnement et la consommation électrique et 140 euros/m linéaire de tranchée pour le raccordement.

La signalisation (par exemple l'affichage en temps réel de la durée d'attente des bus) met en œuvre un seul panneau photovoltaïque de 120 Wc pour un coût de 3 000 € HT. Cette solution est à étudier au cas par cas suivant le coût du raccordement au réseau traditionnel. Il peut toutefois être difficile d'implanter le matériel sur les abribus existant puisque ceux-ci sont généralement concédés à une société privée qui peut s'opposer à la mise en place des panneaux photovoltaïques sur le toit des abribus. La solution est alors de placer le module sur un mât (voir photo ci-dessus – information du trafic sur le Grand Lyon).

5.2.5. LES ABRIS-PLUIE



Une étude sur l'occupation du sol sur les zones commerciales en dehors des zones urbaines denses a permis de déterminer la surface des abris-pluie par rapport aux surfaces de toiture des bâtiments.

Il s'agit ici des surfaces d'abris directement exploitables pour l'installation de modules photovoltaïques et non pas des surfaces totales des parkings de ces zones (on ne prend pas en compte les allées de circulation mais bien seulement la surface où sont garées les voitures).

Le rapport retenu est de 40 % : pour 130 000 mètres carrés de toiture de bâtiments commerciaux il est possible d'exploiter 52 000 mètres carrés d'abris-pluie.

Sur les abris-pluie la technologie est généralement en polycristallin et le ratio retenu est de 100Wc/m² (toute la surface peut-être exploitée).

2 zones sont concernées par ce type d'installation pour une surface totale d'abris-pluie de 52 000 m². La puissance potentielle est de 5 200 kWc.

5.2.6. LES CENTRALES AU SOL

Deux projets sont à l'étude sur le département, ils totalisent une puissance de 15MWc.

5.3. BILAN GLOBAL DES GISEMENTS NETS

5.3.1. TABLEAUX RECAPITULATIFS PAR FILIERE

Les tableaux suivants reprennent les chiffres des gisements nets énoncés au cours du rapport pour les énergies présentant de multiples applications ; ils permettent de connaître le total pour chacune de ces énergies renouvelables.

INSTALLATIONS SOLAIRES THERMIQUES GISEMENTS NETS HORS CONTRAINTES (patrimoniales et techniques)								TOTAL
								CHAUFFE-EAU SOLAIRE INDIVIDUEL
dans l'existant	nombre : surface totale* : tep/an	52 739 263 695 m ² 7 937	8 750 87 495 m ² 3 010	338 13 509 m ² 372	106 7 140 m ² 246	10 816 m ² 21	9 446 m ² 12	373 100 m ² 11 598 tep/an
sur le neuf par an	nombre : surface totale* : tep/an	637 3 184 m ² 96	272 2 721 m ² 94	4 160 m ² 4	14 686 m ² 24			6 751 m ² 217 tep/an

* 5 m² par installation pour un chauffe-eau solaire

Sources : AXENNE

Figure 15 : potentiel théorique pour les installations solaires thermiques

INSTALLATIONS PHOTOVOLTAIQUES GISEMENTS NETS HORS CONTRAINTES (patrimoniales et techniques)									TOTAL
									MAISONS
dans l'existant	nombre : surface totale : MWh/an	52 759 1 582 764 m ² 142 449	938 187 681 m ² 16 891	233 154 536 m ² 10 192	9 754 3 196 005 m ² 140 624	2 150 000 m ² 13 500	1 000 978 m ² 88	51 846 m ² 4 666	64 686 5 323 810 m ² 328 411 MWh/an
sur le neuf par an	nombre : surface totale : MWh/an	637 19 106 m ² 1 720	4 743 m ² 50	4 4 842 m ² 218	55 18 089 m ² 796				42 779 m ² 2 783 MWh/an

* 3 kWc par installation dans l'habitat

** 20 kWc par installation en collectif

Sources : AXENNE

Figure 16 : potentiel théorique pour les installations solaires photovoltaïques

5.3.2. TABLEAU RECAPITULATIF GENERAL

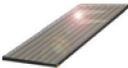
Bilan des gisements d'énergies renouvelables	Gisement identifié sur l'existant (nb d'inst.)	Gisement identifié sur l'existant	Gisement identifié sur l'existant	Gisement identifié sur le neuf (nb d'inst./an)	Gisement identifié sur le neuf	Gisement identifié sur le neuf
Solaire thermique						
 CESI	52 739	263 695 m ²	7 937 tep/an	637	3 184 m ²	96 tep/an
SSC	8 750	87 495 m ²	3 010 tep/an	272	2 721 m ²	94 tep/an
CESC dans l'habitat collectif	163	6 538 m ²	180 tep/an	2	77 m ²	2 tep/an
CESC dans l'habitat collectif HLM	174	6 971 m ²	192 tep/an	2	83 m ²	2 tep/an
CESC hors habitat (hôtel, maison retraite, etc.)	106	7 140 m ²	246 tep/an	14	686 m ²	24 tep/an
Chauffage de l'eau des piscines	10	816 m ²	21 tep/an			
Industries	9	446 m ²	12 tep/an			
Collèges						
Sous-total solaire thermique :	61 951	373 100 m²	11 598 tep/an	926	6 751 m²	217 tep/an
Photovoltaïque						
 Maison individuelle	52 759	158 276 kW	142 449 MWh/an	637	1 911 kW	1 720 MWh/an
Habitat collectif	938	18 768 kW	16 891 MWh/an	4	56 kW	50 MWh/an
Bâtiments (publics, privés)	233	11 325 kW	10 192 MWh/an		242 kW	218 MWh/an
Industrie	9 754	159 800 kW	140 624 MWh/an		904 kW	796 MWh/an
Centrales au sol	2	7 500 kW	13 500 MWh/an			
Mobilier urbain	1 000	100 kW	88 MWh/an			
Ombrières de parking		5 185 kW	4 666 MWh/an			
Sous-total photovoltaïque :	64 686	360 954 kW	328 411 MWh/an	641	3 113 kW	2 783 MWh/an

Tableau 24 : Bilan global des gisements nets identifiés sur le territoire pour les filières solaires

Le gisement net global sur l'existant représente un potentiel de 11 600 tep/an pour le solaire thermique et 328 GWh/an pour le photovoltaïque.

Globalement, les gisements les plus importants se trouvent sur les maisons ainsi que sur les bâtiments industriels pour le photovoltaïque.

Le gisement net global dans le neuf approche les 2 800 MWh/an pour l'énergie photovoltaïque et 217 tep/an pour le solaire thermique ; « dans le neuf » signifie que chaque année, un tel gisement peut être réalisé. Les 2 centrales au sol, bien qu'étant des projets « neufs », ne se trouvent pas dans cette colonne puisqu'il s'agit d'installations ponctuelles qui ne seront pas renouvelées chaque année.

6. POTENTIELS PLAUSIBLES A L'HORIZON 2030

La détermination des gisements nets par filière rend possible le choix d'objectifs réalistes à atteindre sur le territoire, et permet ainsi aux décideurs d'agir afin de mettre en place les moyens nécessaires pour parvenir à ces objectifs à travers une politique adéquate.

L'exercice consiste à se fixer des objectifs pour chaque filière qui tiennent compte des dynamiques déjà engagées, des réglementations thermiques actuelles et futures, du nombre d'entreprises et d'artisans en mesure de réaliser les travaux, de l'attractivité des installations auprès des maîtres d'ouvrage et des propriétaires, etc.

6.1. LES HYPOTHESES

Pour chaque filière, des objectifs ont été proposés en fonction principalement :

- pour les projets sur des bâtiments neufs : des objectifs annoncés dans le projet de loi relatif à la mise en œuvre du Grenelle de l'Environnement,
- pour les projets sur des bâtiments existants : de l'importance actuelle de la filière et de sa capacité à être démultipliée,
- pour les installations décentralisées : d'une prise en compte des projets importants qui verront le jour grâce aux investissements des développeurs (centrale photovoltaïque au sol),
- pour l'ensemble des projets : de l'attractivité des solutions énergies renouvelables et de la motivation des maîtres d'ouvrages.

6.1.1. L'IMPACT DE LA REGLEMENTATION THERMIQUE

Sur les bâtiments neufs

L'article 4 du projet de loi de programme relatif à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement est rédigé ainsi :

« L'État se fixe comme objectifs que :

a) Toutes les constructions neuves faisant l'objet d'une demande de permis de construire déposée à compter de la fin 2012 et, par anticipation à compter de fin 2010, s'il s'agit de bâtiments publics et de bâtiments affectés au secteur tertiaire, présentent une consommation d'énergie primaire inférieure à un seuil de 50 kilowattheures par mètre carré et par an en moyenne, ce seuil étant modulé en fonction de la localisation, des caractéristiques, de l'usage et des émissions de gaz à effet de serre des bâtiments ;

b) Toutes les constructions neuves faisant l'objet d'une demande de permis de construire déposée à compter de la fin 2020 présentent, sauf exception, une consommation d'énergie primaire inférieure à la quantité d'énergie qu'ils produiront à partir de sources renouvelables ; [...]. »

Dès lors, on peut considérer que les bâtiments qui rentrent dans le champ d'application du paragraphe a) ne nécessiteront que de faibles besoins de chauffage et ceux rentrant dans le cadre du paragraphe b) auront des besoins de chauffage très faibles et posséderont des installations fonctionnant aux énergies renouvelables obligatoirement (sauf exception).

C'est selon ces considérations qu'ont été choisis les objectifs appliqués aux bâtiments neufs. Il y a essentiellement deux périodes successives qui modifient foncièrement le nombre d'installations sur le parc neuf des maisons et des immeubles. La première période intervient entre 2010 et 2015 suivant la motivation des maîtres d'ouvrages. En effet, certains d'entre-eux vont l'anticiper et d'autres attendront le dernier moment pour l'appliquer⁴. Puis, la deuxième période entre 2020 et 2030 engagera les maîtres d'ouvrages sur des constructions encore plus performantes.

Sur les bâtiments existants

L'article 5 du projet de loi de programme relatif à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement est rédigé ainsi :

« L'État se fixe comme objectif de réduire les consommations d'énergie du parc des bâtiments existants d'au moins 38 % d'ici à 2020. À cette fin, l'État se fixe comme objectif la rénovation complète de 400 000 logements chaque année à compter de 2013. »

II. – L'État se fixe comme objectif la rénovation de l'ensemble du parc de logements sociaux. Pour commencer, dès avant 2020, les travaux sur les 800 000 logements sociaux dont la consommation annuelle d'énergie est supérieure à 230 kilowattheures d'énergie primaire par mètre carré ramèneront leur consommation annuelle d'énergie à des valeurs inférieures à 150 kilowattheures d'énergie primaire par mètre carré. Ces travaux concernent en particulier 180 000 logements sociaux situés dans des zones définies par l'article 6 de la loi n° 2003-710 du 1er août 2003 d'orientation et de programmation pour la ville et la rénovation urbaine (NDLR : Zones Urbaines Sensibles).

Sur le départements des Ardennes, 9 854 logements sont concernés sur un total de 8 zones urbaines sensibles.

Les objectifs d'installations d'énergies renouvelables sur le parc existant sont déterminés en fonction :

- de l'énergie actuelle pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire (les logements ou maisons qui utilisent le fuel et le propane sont des cibles privilégiées),
- du nombre d'installations réalisées en 2008 sur le parc existant (état actuel de la filière),
- du statut du maître d'ouvrage (ex : les office publics de HLM sont généralement plus motivés que le secteur privé).

Une fois les objectifs en 2020 fixés, la progression du taux d'équipements des nouveaux bâtiments chaque année a été calculée de manière linéaire entre cet objectif et la situation actuelle.

La seule filière pour laquelle le raisonnement tenu est différent est celle des installations solaires pour le chauffage de l'eau des bassins des piscines. Pour cette filière, un objectif d'équipement de 100% des piscines a été retenu (ce qui revient à solariser 11 piscines).

⁴ Jusqu'au 31/12/2011, un permis de construire déposé en mairie est soumis à la RT 2005 et compte tenu du décalage entre le permis et l'ouverture du chantier, il sera possible de voir des bâtiments respectant encore la RT 2005 en 2015.

6.1.2. LA FILIERE SOLAIRE THERMIQUE

La filière solaire thermique devrait se développer fortement à l'avenir sur les bâtiments neufs. En effet, la réglementation thermique imposant des valeurs de consommation au m² (chauffage, ventilation, éclairage et eau chaude sanitaire) de plus en plus contraignantes⁵, le recours au solaire thermique permet un gain important sur le bilan global et sera même obligatoire si l'on souhaite atteindre la valeur inférieure à 65 kWhep/m².an (pour le département des Ardennes.



Seules les installations de type système solaire combiné⁶, avec une surface très importante, de l'ordre de 20 m² pour une maison, ne devraient plus voir le jour sur les maisons neuves puisque celles-ci n'auront plus vraiment besoin de chauffage (la surface devra en tout cas fortement baisser pour arriver à couvrir des besoins de chaleur plus faibles).

Dans l'existant, il faut profiter de la rénovation des systèmes de chauffage (changement d'une chaudière ou d'un cumulus électrique) qui interviennent systématiquement au bout d'une quinzaine d'années pour installer des capteurs solaires thermiques pour la production d'eau chaude sanitaire.

	nb total fin 2008	S totale 2008 (m ²)	nb total en 2008 seulement	nb total sur l'existant fin 2008	% du gisement sur l'existant en 2020	% du gisement sur le neuf en 2015	% du gisement sur le neuf en 2020	nb total sur le neuf à fin 2020
CESI	255	1 275	55	179	9%	47%	66%	5 033
SSC	191	1 912	38	19	30%	16%	9%	310
CESC habitat collectif	3	116	1	2	18%	77%	86%	41
CESC habitat collectif HLM	7	270	1	6	100%	80%	89%	42
CESC hors habitat	2	193	1	1	28%	65%	78%	690
Piscines	1	77	0	1	80%			
Industrie	2	12	1	1	50%	21%	30%	32

Représente le nombre d'installations à réaliser chaque année jusqu'en 2020

Représente le pourcentage d'équipement sur le parc existant de 2007 à fin 2020.

Représente le pourcentage global du gisement équipé fin 2015 et fin 2020. Le gisement étant les cibles que l'on peut équiper (après application des contraintes) et non pas le total de ce qui se construit chaque année.

Représente le nombre d'installations total réalisé sur le neuf à fin 2020.

⁵ 65kWhep/m².an pour le label BBC dans les Ardennes

⁶ Les systèmes solaires combinés sont installés sur les maisons pour la production du chauffage et de l'eau chaude sanitaire

Les chauffe-eaux solaires individuels :

Sur le parc existant : environ 0,5% des maisons identifiées dans les gisements nets (soit 0,3% de l'ensemble du parc) sont actuellement équipées d'une installation solaire, le ratio est fixé à 3% en 2015 et 9% en 2020. Cela porterait le total à 5 000 installations en 2020, soit une progression annuelle de 28 %. Les maisons actuellement chauffées au gaz naturel et au gaz propane devraient être les premières à migrer sur cette solution. Ces chiffres ambitieux seront atteints avec l'augmentation du coût des énergies fossiles qui engagera notamment les particuliers à opter pour une installation solaire. Ce fixer un objectif plus ambitieux entraînerait une progression annuelle supérieure à 30 % qu'il serait difficile d'atteindre.

Sur le parc neuf : compte tenu de la réglementation, en 2015, 80 % des maisons identifiées dans les gisements nets (soit 50 % des maisons neuves) optent pour un chauffe-eau solaire et le ratio atteint 100 % en 2020.

Les systèmes solaires combinés :

Sur le parc existant : environ 2 % des maisons identifiées dans les gisements nets (soit 0,2% de l'ensemble du parc) sont actuellement équipés d'un système solaire combiné, le ratio est fixé à 10 % en 2015 et 30 % en 2020. Cela porterait au total à 2 600 installations en 2020, soit une progression annuelle de 24 %. Les maisons chauffées au fuel (plus de 25 000) et au gaz propane (2 000) devront en priorité trouver des solutions de substitution à l'horizon 2020. Les systèmes solaires combinés sont une des solutions pour le chauffage des maisons, nous avons considéré ici que cela serait un choix de près de 10% des propriétaires (les autres s'orienteront sur la géothermie, le bois énergie ou encore les pompes à chaleur).

Sur le parc neuf : compte tenu des faibles besoins de chauffage des futures habitations, le ratio est fixé à 20% jusqu'en 2014, puis plus aucune installation de ce type à l'horizon 2020.

Les chauffe-eaux solaires collectifs sur les immeubles de logements :

Sur le parc existant : environ 2 % des immeubles de logement identifiés dans les gisements nets (soit 0,2% de l'ensemble du parc) sont actuellement équipés d'un chauffe-eau solaire collectif. Le ratio est fixé à 7 % des gisements nets en 2015 et 18 % en 2020. Cela porterait le total à 30 installations en 2020, soit une progression annuelle de 21%. Cela peut paraître modeste, toutefois les immeubles de logements du secteur privé sont les plus difficiles à convaincre (une seule date pour entamer les démarches : la réunion des copropriétaires, les syndicats de copropriété comme interlocuteur, etc.).

Sur le parc neuf : les promoteurs vont être obligés d'installer des équipements performants pour le chauffage et la production d'eau chaude sanitaire. Les installations solaires collectives sont une réponse adaptée au futur label BBC. Dès 2013, le ratio proposé atteint 100 % des gisements nets identifiés (soit 40 % des immeubles neufs).

Les chauffe-eaux solaires collectifs sur les immeubles de logements sociaux :

Sur le parc existant : environ 4 % des immeubles de logement identifiés dans les gisements nets (soit 0,4% de l'ensemble du parc) sont actuellement équipés d'un chauffe-eau solaire collectif. Le ratio est fixé à 26 % des gisements nets en 2015 et 100% en 2020. Cela porterait le total à 174 installations en 2020 soit une progression annuelle de 31 %. L'objectif est ambitieux puisque cela revient à réaliser plus de 17 installations par an pendant 10 ans. Toutefois, sur le parc des logements sociaux, un objectif de rénovation a été annoncé et les maîtres d'ouvrages sont plutôt motivés.

Sur le parc neuf : les logements sociaux sont systématiquement équipés de solaire thermique sur les cibles identifiées (gisements nets) dès 2012.

Les chauffe-eaux solaires collectifs hors logements :

Sur le parc existant : l'objectif est de réaliser 30 installations à l'horizon 2020 (sur des hôtels, des foyers d'accueil, des gymnases, etc.). Il n'y a que deux installations à fin 2008 et la cible atteignable ne serait que d'une centaine d'installations, aussi le chiffre est ambitieux puisqu'il s'agit d'équiper 28% des bâtiments susceptibles d'être équipés d'un chauffe-eau solaire.

Sur le parc neuf : les promoteurs vont être obligés d'installer des équipements performants pour le chauffage et la production d'eau chaude sanitaire. Les installations solaires collectives sont une réponse adaptée au futur label BBC. Dès 2013, le ratio proposé atteint 100 % des gisements nets identifiés.

Les chauffe-eaux solaires collectifs dans l'industrie :

Sur le parc existant : l'objectif est de réaliser 4 opérations exemplaires avec des maîtres d'ouvrages motivés.

Sur le parc neuf : les industriels n'étant pas soumis à la réglementation thermique telle qu'elle existe pour les particuliers ou les promoteurs, l'objectif est de réaliser 4 opérations sur des bâtiments industriels neufs qui se prêteraient à une installation solaire thermique.

Solaire thermique neuf :				2008	2015	2020
Nature	Cible_par_an_neuf	m²/nb	Ratio_equipe_2008	Ratio_equipe_2015	Ratio_equipe_2020	
CESI	637	5,0	0,03	0,80	1,00	
SSC	272	10	0,13	0,00	0,00	
CESC habitat collectif	4	39	0,13	1,00	1,00	
CESC habitat collectif HLM	4	39	0,05	1,00	1,00	
CESC hors habitat	74	97	0,01	0,88	1,00	
Haute température pour l'indu	9	6	0,06	0,32	0,50	
Nature				Nb instal. 2008	Nb instal. 2015	Nb instal. 2020
CESI				17	509	637
SSC				34	0	0
CESC habitat collectif				1	4	4
CESC habitat collectif HLM				0	4	4
CESC hors habitat				1	65	74
Haute température pour l'industrie				1	3	4

Solaire thermique existant :				2008	2015	2020	
Nature	Cible totale existante	Ratio_equip_tot_2008	Ratio_equip_tot_2015	Ratio_equip_tot_2020	Taux annuel		
CESI	52 739	0,005	0,03	0,09	28%		
SSC	8 750	0,02	0,10	0,30	24%		
CESC habitat collectif	163	0,02	0,07	0,18	21%		
CESC habitat collectif HLM	174	0,04	0,26	1,00	31%		
CESC hors habitat	106	0,02	0,09	0,28	25%		
Piscine	10	0,10	0,34	0,80	19%		
Entreprise / industrie	9	0,22	0,36	0,50	7%		
Nature		Nb instal tot 2008	Nb instal. tot. 2015	Nb instal. tot. 2020			
CESI		255	1447	5000			
SSC		191	876	2600			
CESC habitat collectif		3	11	30			
CESC habitat collectif HLM		7	46	174			
CESC hors habitat		2	10	30			
Piscine		1	3	8			
Entreprise / industrie		2	3	4			

6.1.3. LA FILIERE PHOTOVOLTAÏQUE

L'énergie photovoltaïque connaît un succès sans précédent, les tarifs d'achat, le crédit d'impôt pour les particuliers ont permis un développement fulgurant de cette technologie.



Cette filière se développe aujourd'hui sur une logique de rentabilité des installations. La production n'ayant aucun lien avec les consommations des bâtiments sur lesquels elle prend place, la seule limite devient la place disponible pour installer les capteurs photovoltaïques.

Cette logique purement financière n'engage que très rarement le maître d'ouvrage sur une approche de sobriété énergétique. Aussi, l'enjeu tient à maximiser la production sur le territoire sans pour autant engager les maîtres d'ouvrages publics et privés à prioriser ces installations au détriment de l'isolation des bâtiments et de la performance des systèmes de chauffage.

Pour cela il est souhaitable d'axer fortement le développement de cette technologie sur les grandes surfaces de bâtiments de logistique, industrielles et les grandes surfaces (y compris pour les combrières de parking).

Sur les habitations neuves à l'horizon 2012~2015, il faudra systématiquement installer ces équipements dès lors que l'habitation bénéficiera d'une isolation renforcée. D'une part, cela permettra de gagner des points sur la valeur à atteindre en terme de consommation au m² (la production photovoltaïque vient en déduction des besoins énergétiques du bâtiment), d'autre part cela permettra de tendre petit à petit vers des bâtiments à énergie positive.

BILAN PV :

	nb total en 2008	P total 2008 (kWc)	nb/an sur l'existant jusqu'en 2020	% du gisement sur l'existant en 2020	% du gisement sur le neuf en 2015	% du gisement sur le neuf en 2020	nb total sur le neuf à fin 2020
PV ind	250	750	203	5%	39%	58%	4 382
PV coll	19	330					
<i>dont habitat collectif</i>	8	86	1	2%	117%	107%	44
<i>dont installations collectives</i>	8	130	4	20%	16%	49%	5 576
<i>dont industrie</i>	3	114	8	1%	34%	55%	313
Centrale au sol							1

Les installations photovoltaïques sur les habitations :

Sur le parc existant : environ 0,3% des maisons identifiées dans les gisements nets (soit 0,2% de l'ensemble du parc) sont actuellement équipées d'une installation photovoltaïque, le ratio est fixé à 2% des gisements nets en 2015 et 5% des gisements nets en 2020. Cela porterait le total à 2 640 installations en 2020, soit une progression annuelle de 25 %. Ces chiffres ambitieux supposent que la baisse du tarif annoncée après 2012 sera compensée par la baisse du coût des modules.

Sur le parc neuf : compte tenu de la réglementation, en 2020, 100 % des maisons identifiées dans les gisements nets (soit 60 % des maisons neuves) optent pour une installation photovoltaïque. La progression est linéaire de 2010 à 2020.

Les installations photovoltaïques sur les immeubles de logements collectifs :

Sur le parc existant : moins de 0,1% des immeubles identifiés dans les gisements nets sont actuellement équipés d'une installation photovoltaïque. L'objectif est de réaliser le ratio est fixé à 2% des gisements nets en 2015 et 5% des gisements nets en 2020. Cela porterait le total à 2 600 installations en 2020, soit une progression annuelle de 25 %. Ces chiffres ambitieux supposent que la baisse du tarif annoncée après 2012 sera compensée par la baisse du coût des modules.

Sur le parc neuf : compte tenu de la réglementation, en 2020, 90 % des immeubles identifiés dans les gisements nets (soit 60 % des immeubles neufs) optent pour une installation photovoltaïque. La progression est linéaire de 2010 à 2020.

Les installations photovoltaïques sur les bâtiments collectifs (enseignement, bâtiments sportifs, etc.) :

Sur le parc existant : environ 8 installations ont été réalisées sur des bâtiments collectifs en 2008. L'objectif est de réaliser 50 installations à l'horizon 2020.

Sur le parc neuf : compte tenu de la réglementation, en 2020, 90 % des immeubles identifiés dans les gisements nets (soit 60 % des immeubles neufs) optent pour une installation photovoltaïque. La progression est linéaire de 2010 à 2020.

Les installations photovoltaïques sur les bâtiments industriels :

Sur le parc existant : l'objectif est de réaliser une centaine d'installations à l'horizon 2020.

Sur le parc neuf : tout nouveau bâtiment (100 % des gisements net soit 80 % de tous les bâtiments neufs) sera équipé d'un générateur photovoltaïque à l'horizon 2020. La progression est linéaire de 2010 à 2020.

Photovoltaïque neuf			2008	2015	
Nature	Cible_par_ an_neuf	kWc/nb	Ratio_equipe _2008	Ratio_equipe _2015	Ratio_equipe _2020
Maison	637	3,0	0,07	0,61	1,00
Logements	4	10,8	1,08	0,97	0,90
Bâtiment collectif	951	16,3	0,00	0,53	0,90
Bâtiment industriel	48	38,0	0,01	0,59	1,00
Nature			Nb instal. 2008	Nb instal. 2015	Nb instal. 2020
Maison			44	390	637
Logements			4	4	3
Bâtiment collectif			2	500	856
Bâtiment industriel			1	28	48

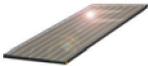
Photovoltaïque existant			2008	2015	2020
Nature	Cible totale existante	kWc/nb	Ratio equip_ tot_2008	Ratio equip_ tot_2015	Ratio equip_ tot_2020
<i>Maison</i>	52 759	3,0	0,003	0,016	0,05
<i>Logements</i>	938	10,8	0,009	0,014	0,02
Bâtiment collectif	233	16,3	0,034	0,100	0,22
Bâtiment industriel	9 754	38,0	0,0003	0,002	0,010

Nature	Nb instal tot 2008	Nb instal. tot. 2015	Nb instal. tot. 2020
<i>Maison</i>	175	845	2600
<i>Logements</i>	2	14	20
Bâtiment collectif	2	23	50
Bâtiment industriel	1	23	100

6.2. TABLEAU RECAPITULATIF GENERAL

Le tableau présenté ci-après est une version de l'outil modifiable d'aide à la décision fourni en accompagnement de ce rapport (classeur Excel). Il permet de jouer sur les objectifs que l'on souhaite atteindre par filière et de vérifier quel est l'impact de ces objectifs, notamment vis-à-vis des engagements nationaux à l'horizon 2015 ou 2020.

Il est ici présenté à l'horizon 2020 (il existe aussi à l'horizon 2015) avec les objectifs déterminés ci-dessus pour toutes les filières.

2020	Proposition d'un objectif en % du gisement identifié						Production à fin 2008	Réalisation entre 2008	Réalisations par an entre 2008	Production totale en 2020	t CO ₂ évité /an en 2020	Nb d'emplois annuels liés à la fabric. et l'inst.	Nb d'emplois annuels liés à l'exploit.
	SUR L'EXISTANT			SUR LE NEUF (réalisation par an)									
	%	nb d'inst.	tep/an	%	nb d'inst.	tep/an	tep/an	tep/an	nb/an	tep/an	t CO ₂	nb d'emplois	nb d'emplois
Solaire thermique													
 CESI	9%	5 000	753 tep/an	66%	419	63 tep/an	446	1 510	836	1 956	215	27	5
SSC	30%	2 600	894 tep/an	9%	26	9 tep/an	765	1 001	243	1 766	406	16	4
CESC dans l'habitat collectif	18%	30	33 tep/an	86%	2	2 tep/an	37	55	4	92	13	1	0,2
CESC dans l'habitat collectif HLM	100%	174	192 tep/an	89%	2	2 tep/an	86	216	16	302	42	4	1
CESC hors habitat	28%	30	69 tep/an	78%	53	18 tep/an	77	289	56	367	51	36	1
Chauffage de l'eau des piscines	80%	8	17 tep/an					17	1	17	2	1	0,04
Entreprises et industries	50%	4	6 tep/an					6	0,4	6	1	0	0,01
Sous-total solaire thermique :		7 847	1 964 tep/an		502	94 tep/an	2 307	3 094	1 156	5 401	1 082	85	13

2020	Proposition d'un objectif en % du gisement identifié						Réalisation à fin 2008	Réalisation entre 2008	Réalisations par an entre 2008	Production totale en 2020	t CO ₂ évité /an en 2020	Nb d'emplois annuels liés à la fabric. et l'inst.	Nb d'emplois annuels liés à l'exploit.
	SUR L'EXISTANT			SUR LE NEUF (réalisation par an)									
	%	nb d'inst.	MWh/an	%	nb d'inst.	MWh/an	MWh/an	MWh/an	nb/an	MWh/an	t CO ₂	nb d'emplois	nb d'emplois
Photovoltaïque													
 Maison individuelle	5%	2 600	7 020 MWh/an	58%	369	996 MWh/an		18 971	586	18 971	5 691	53	6
Habitat collectif	2%	20	355 MWh/an	107%	4	54 MWh/an		999	6	999	300	3	0
Installations collectives	22%	50	2 191 MWh/an	49%	0	107 MWh/an		3 470	4	3 470	1 041	10	1
Industrie	1%	100	1 448 MWh/an	55%	0	437 MWh/an		6 687	8	6 687	2 006	19	2
Grande centrale	100%	1	13 500 MWh/an					13 500		13 500		38	5
Mobilier urbain	100%	1 000	88 MWh/an					88		88	26	0	0
Ombrières de parking	50%		2 333 MWh/an					2 333		2 333	700	6	1
Sous-total solaire photovoltaïque :		3 771	26 936 MWh/an		373	1 593 MWh/an	227	46 048	687	46 274	9 895	128	16

Les installations envisagées sur l'existant pourront être réalisées sur douze ans (période fin 2008 – fin 2020)⁷. Les réalisations envisagées sur les constructions neuves se répètent chaque année.

Ainsi, pour les CESI, 419 installations sont réalisées par an pendant 12 ans (période 2008 – 2020) sur les habitations neuves et 1 447 installations sont également réalisées sur l'existant sur cette même période ; la production atteinte est alors indiquée dans la colonne « réalisation entre 2008 et 2020 » :

$$1\ 510 \text{ tep/an} = 753 \text{ tep/an}_{\text{existant}} + 63 \text{ tep/an}_{\text{neuf}} \times 12 \text{ ans (aux arrondis près)}$$

La colonne « Production totale en 2020 » présente la production totale d'énergie à partir des installations énergies renouvelables à la fin de l'année 2020 : sont additionnées les productions d'énergie à partir des installations existantes et de celles à réaliser.

Cet outil, dont le tableau à l'horizon 2020 est présenté ci-dessus, est très intéressant puisqu'il permet de caler les objectifs choisis de manière réaliste, de les comparer aux objectifs nationaux ou européens, et de connaître leurs impacts en terme de production d'énergie d'origine renouvelable, d'émission de CO₂ évitée et d'emplois créés. À partir de ces données peut être définie une politique de développement des énergies renouvelables.

Remarque : Cet outil a été réalisé à fin 2008 alors que nous sommes aujourd'hui début 2010. Les prochaines installations se feront donc en 2010 et non en 2009 comme indiqué dans le tableau. Cependant, le bilan a été réalisé à fin 2008, et on peut penser que les installations qui se sont faites entre fin 2008 et début 2009 comblent, du moins en partie, celles qui sont comptabilisées dans le tableau pour cette période.

⁷ Puisque nous sommes aujourd'hui début 2010, la période court plutôt sur 20 ans.

7. INDICATEURS ENVIRONNEMENTAUX ET FINANCIERS SUR LES FILIERES SOLAIRES

7.1. INDICATEURS SUR LE CO₂ EVITE SANS PRISE EN COMPTE DES EMISSIONS AMONTS

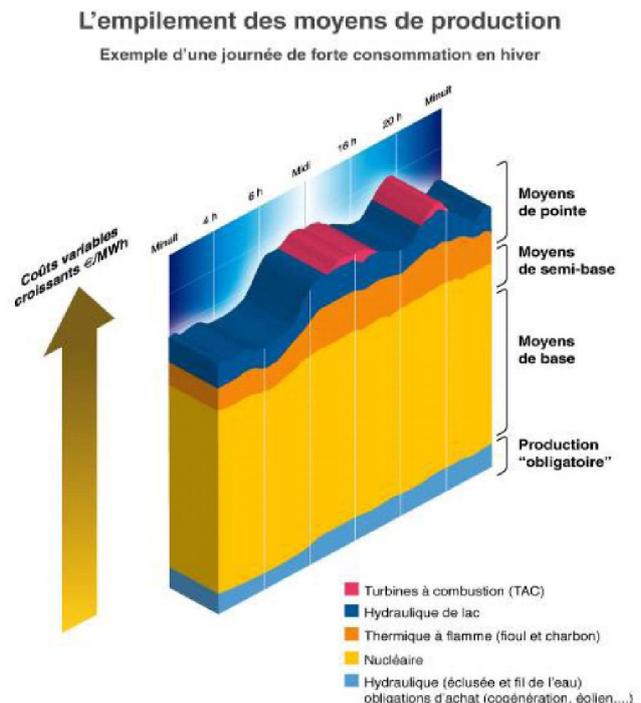
L'objectif est de préciser les hypothèses qui ont été prises et le mode de calcul adopté afin de quantifier les rejets de CO₂ évités par les filières énergies renouvelables.

LES FILIERES ELECTRIQUES

CO₂ évité

Lorsqu'un kilowattheure électrique (kWh) est produit par une installation d'énergie renouvelable, le gain d'émissions CO₂ réalisé dépend directement du moyen de production qui aurait été employé pour satisfaire une demande ou une production équivalente.

Figure 17 : Empilement des moyens de production – source : EDF R&D – Février 2008



Les énergies renouvelables entrent dans la catégorie des productions « obligatoires » qui apparaissent en première place dans l'empilement des moyens de production.

« La sollicitation des moyens de production pour satisfaire la demande respecte un ordre économique établi en fonction des coûts proportionnels de production de chaque installation. Au plus bas de l'empilement se trouvent les productions dites fatales, parmi lesquelles l'éolien et l'hydraulique au fil de l'eau. Suivent le nucléaire, puis le charbon et les cycles combinés au gaz (CCG), et enfin le fioul et les turbines à combustion (TAC). Ainsi, à chaque instant, un accroissement de la demande se traduira par la sollicitation du moyen de production le moins cher disponible à la hausse. Inversement, une baisse de la demande est compensée par la réduction de la puissance du moyen le plus cher démarré. Selon la terminologie courante, c'est le moyen de production marginal. » (ADEME-RTE : note sur le contenu en CO₂ du kWh électrique).

Aussi, toute énergie renouvelable supplémentaire viendra en substitution des moyens de production les plus chers que l'on trouve en haut de l'empilement. La valeur de 300 gCO₂évités/kWh a été retenue dans le cadre du Grenelle de l'environnement c'est également la valeur que nous retiendrons.

Les filières thermiques

CO₂ évité

Pour l'eau chaude sanitaire, les valeurs nominales ont été prises pour les énergies fossiles, la valeur de 40 gCO₂/kWh a été retenue pour l'ECS électrique (note ADEME-EDF sur le contenu CO₂ du kWh par usage en France). Cette valeur de 40 gCO₂/kWh a été également reprise dans la méthode bilan carbone de l'ADEME.

Pour le calcul de la valeur moyenne des émissions de CO₂ du chauffage, les valeurs nominales ont été prises pour les énergies fossiles :

- 205 gCO₂/kWh pour le gaz,
- 271 gCO₂/kWh pour le fuel,
- 196 gCO₂/kWh pour le réseau de chaleur (source CCIAG),
- 389 gCO₂/kWh pour le charbon,

la valeur de 500 gCO₂/kWh a été retenue pour le chauffage électrique (note ADEME-RTE sur le contenu CO₂ du chauffage électrique en France).

La répartition des modes de chauffage de l'eau chaude sanitaire et des logements nous indique les rejets de CO₂/kWh en valeur moyenne pour les maisons et les logements collectifs :

Chiffre du chauffage sur le département en 2006	Répart. pour le chauffage		Répart. pour l'ECS		gCO ₂ /kWh chauffage	gCO ₂ /kWh Ecs	Chauffage gCO ₂ /kWh		ECS gCO ₂ /kWh	
	Log. collectif	Maison indiv	Log. collectif	Maison indiv			Log. collectif	Maison indiv	Log. collectif	Maison indiv
gaz	66%	39%	65%	39%	205	205	135,0	80,2	134,3	79,2
élec	16%	12%	26%	61%	500	40	80,1	60,9	10,5	24,6
fuel	5%	31%	0%	0%	271	271	12,2	83,3	0,0	0,0
bois	3,4%	18,0%	0%	0%	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0
chauffage urbain	10%	0%	8%	0%	196	196	20,3	0,1	16,3	0,1
	100%	100%	100%	100%	on retient (gCO₂/kWh) :		248	224	161	104

Aussi, il est possible de retenir une valeur moyenne de 140 gCO₂évités/kWh pour la substitution de la production de l'eau chaude sanitaire et de 230 gCO₂évités/kWh pour le chauffage.

Attention, ne retenir que la part de la production d'énergie renouvelable pour calculer les rejets de CO₂ évités. Ainsi, pour un chauffe-eau solaire, ne prendre que la part de couverture du solaire sur l'année.

7.2. INDICATEURS SUR LE CO₂ EVITE AVEC PRISE EN COMPTE DES EMISSIONS AMONTS

A titre d'information (puisque ce sont les valeurs précédentes qui ont été utilisées), nous indiquons également les valeurs d'émissions de CO₂ des filières solaires si on souhaite obtenir un chiffre plus précis des rejets de CO₂ évités en tenant compte des émissions amonts.

Analyse en Cycle de Vie des filières énergies renouvelables électriques

Il s'agit ici de tenir compte des rejets de CO₂ émis lors de la fabrication des installations, et de les affecter aux kilowattheures produits pendant la durée de vie des installations.

Ces valeurs sont fortement dépendantes du lieu de production des installations, aussi les sources de données sur le sujet se basent sur un contenu moyen européen.

Filière	Note	Sources	Emission de CO ₂ (gCO ₂ /kWh)
Photovoltaïque	25 ans de production à 900 heures nominales/an Module polycristallin européen	E.A. Alsema, M.J. de Wild-Scholten, V.M. Fthenakis, Environmental impacts of PV electricity generation	60 gCO ₂ /kWh
Hydroélectricité	40 ans de production à 5 500 heures nominales/an Puissance de 150 kW	EMISSIONS INDIRECTES DES GAZ A EFFET DE SERRE DES CENTRALES «A EMISSION ZERO»	15 gCO ₂ /kWh
Eolien <i>Grand parc</i>	1,5 MW – 3 000 heures	Kris R. Voorspoels, Els A. Brouwers, William D. D'haeseleer	10 gCO ₂ /kWh
Eolien urbain	1 000 heures	Katholieke Universiteit Leuven	25 gCO ₂ /kWh

Figure 18 : émissions de CO₂ relatives à la construction des installations d'énergies renouvelables et affectées à la production sur la durée de vie des installations

A noter que les données du Bilan carbone de l'ADEME indiquent pour leur part des valeurs très similaires (7 gCO₂/kWh pour les grands parcs éoliens avec une incertitude de 50% et 55 gCO₂/kWh pour le photovoltaïque avec une incertitude de 30%).

La combinaison des rejets de CO₂/kWh émis pendant la durée de vie des installations et de la valeur de 300 gCO₂ évités entraîne les valeurs suivantes :

Filière énergie renouvelable électrique	Rejets de CO ₂ évités
Photovoltaïque	240 gCO ₂ /kWh
Hydroélectrique	285 gCO ₂ /kWh
Eolien Grand éolien Eolien urbain	290 gCO ₂ /kWh 275 gCO ₂ /kWh
Part renouvelable de l'incinération des ordures ménagères pour la production d'électricité	300 gCO ₂ /kWh

Figure 19 : rejets de CO₂ évités des installations d'énergies renouvelables électriques tenant compte des émissions amonts

Analyse en Cycle de Vie des filières énergies renouvelables thermiques

Filière	Note	Sources	Emission de CO ₂ (gCO ₂ /kWh)
Biomasse	Prise en compte du transport et des équipements	EMISSIONS INDIRECTES DES GAZ A EFFET DE SERRE DES CENTRALES «A EMISSION ZERO» Kris R. Voorspools, Els A. Brouwers, William D. D'haeseleer Katholieke Universiteit Leuven	60 gCO ₂ /kWh
Solaire thermique	Energie et matériaux utilisés pour la fabrication de capteurs solaires thermiques français.	AXENNE	25 gCO ₂ /kWh
Géothermie	-	-	NC

Figure 20 : émissions de CO₂ relatives à la construction des installations d'énergies renouvelables et affectées à la production sur la durée de vie des installations

Les valeurs des émissions amont (Analyse en Cycle de Vie) des installations d'énergies renouvelables thermiques n'ont pas toutes été intégrées à l'analyse parce qu'il n'existe pas de données fiables à ce sujet.

La production du combustible bois énergie mais surtout son transport et la fabrication des équipements sont pris en compte dans l'analyse des rejets de CO₂ évités.

La part renouvelable de la géothermie (soit environ 2/3 de ce qui est produit au total, si l'on se base sur un COP de 3), prend la valeur de 2/3 des 300 gCO₂/kWh. Pour la géothermie les résultats dans le tableau ci-dessous sont donnés sans prise en compte des émissions amonts.

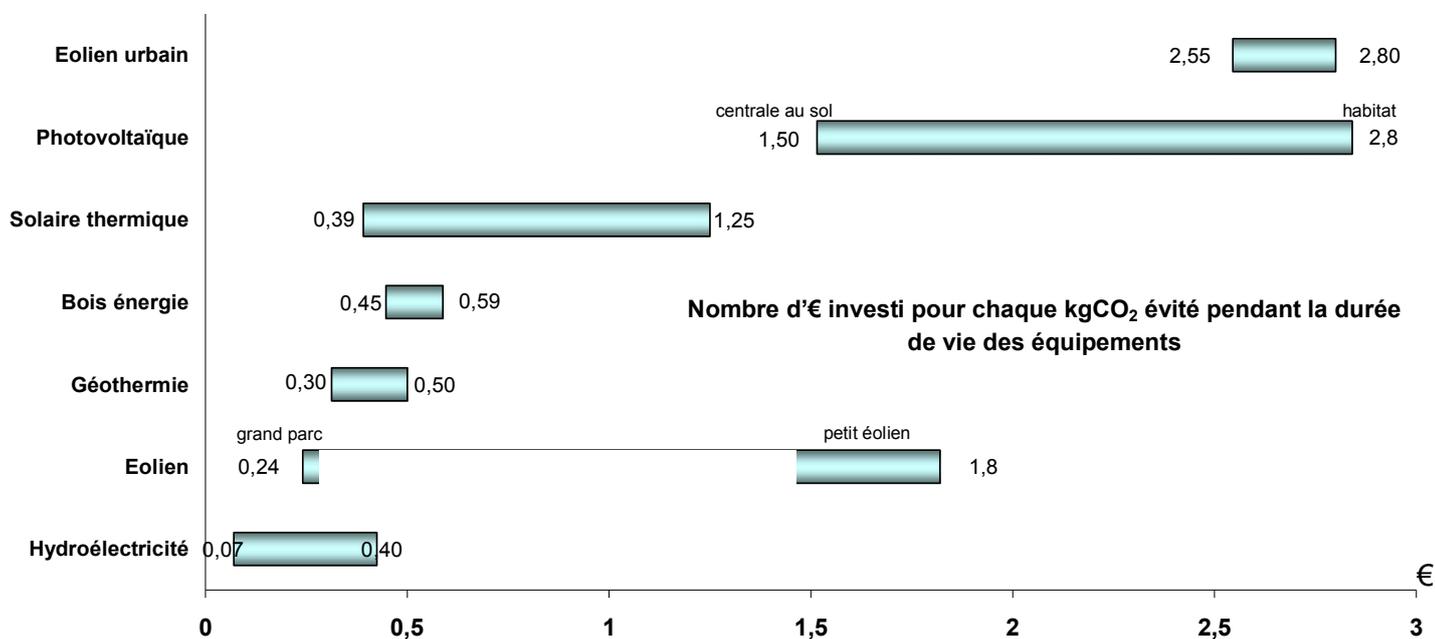
Les valeurs retenues pour les rejets de CO₂ évités pour les filières thermiques sont donc les suivantes :

Filière énergie renouvelable thermique	Rejets de CO ₂ évités
Chauffe-eau solaire individuel	115 gCO ₂ /kWh
Chauffe-eau solaire collectif	115 gCO ₂ /kWh
Système solaire combiné	275 gCO ₂ /kWh
Géothermie (part renouvelable) HORS EMISSIONS AMONTS	200 gCO ₂ /kWh
Bois énergie	140 gCO ₂ /kWh

Figure 21 : Rejets de CO₂ évités des installations d'énergies renouvelables thermiques avec prise en compte des émissions amonts

7.3. COUT FINANCIER DE LA TONNE DE CO2 EVITE

La figure ci-dessous présente l'investissement qu'il faut consentir pour éviter une tonne de CO₂ pendant la durée de vie des équipements. Seul l'investissement matériel est pris en compte hors subventions et toute autre considération (tarif d'achat, etc.).



7.4. DEPENSE PUBLIQUE CONSENTIE EN 2006

Le tableau ci-dessous présente le nombre d'euros publics investi (tarif d'achat, crédit d'impôt, hors subvention régionale), rapporté à la tonne de CO₂ évitée.

Equipement	Dépense publique consentie par tonne de CO₂ évitée en 2006 (€ publics/t CO₂ évitée)
Isolation thermique des parois opaques	2
Chaufferie biomasse	11
Inserts, poêles	18
Chaudière bois particulier	55
Chauffe-eau solaire collectif	111
Isolation thermique des parois vitrées	137
Système solaire combiné	144
Chauffe-eau solaire individuel	151
Photovoltaïque collectif	573
Photovoltaïque particulier	818