

**EVALUATION DU POTENTIEL
EN ENERGIES RENOUVELABLES
DANS L'ARRONDISSEMENT DE LILLE**

**LES PERSPECTIVES DE DEVELOPPEMENT DES FILIERES SOLAIRES
THERMIQUES ET PHOTOVOLTAÏQUES**

JANVIER 2010



MAITRE D'OUVRAGE Agence de développement
Et d'urbanisme de Lille Métropole
299 boulevard de Leeds
59777 EURALILLE



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



Version	Date de modification	Nature de la modification	Auteurs	Vérificateurs
V1	20/10/2009	Création	Henri-Louis GAL	
V2	01/02/2010	Modifications	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	21
4.3. LES CONTRAINTES D'EXPOSITION : BATIMENT A L'OMBRE	24
4.4. LES CONTRAINTES D'ORIENTATION DES BATIMENTS	26
4.5. SYNTHESE DES CONTRAINTES PATRIMONIALES ET D'ENSOLEILLEMENT	27
5. PRESENTATION DES GISEMENTS NETS	31
5.1. LES FILIERES « SOLAIRE THERMIQUE »	31
5.2. LES FILIERES « PHOTOVOLTAÏQUE »	41
6. BILAN GLOBAL DES GISEMENTS NETS	50
6.1. TABLEAUX RECAPITULATIFS PAR FILIERE	50
6.2. TABLEAU RECAPITULATIF GENERAL	51
7. GISEMENTS PLAUSIBLES A L'HORIZON 2030	52
7.1. LES HYPOTHESES	52
7.2. TABLEAU RECAPITULATIF GENERAL	57

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	24
Figure 13 : Représentation des bâtiments à l'ombre	25
Figure 14 : Représentation des bâtiments sans aucune contrainte et pourcentage de surface sans contrainte par commune	29
Figure 14 : Représentation des bâtiments publics sans aucune contrainte et surfaces sans contrainte par commune	30
Figure 15 : carte des sites identifiés comme favorable à terme pour une centrale photovoltaïque au sol	46
Figure 16 : potentiel théorique pour les installations solaires thermiques	50
Figure 17 : potentiel théorique pour les installations solaires photovoltaïques	50

TABLEAUX

Tableau 1 : données mensuelles d'ensoleillement et de température à Lille	7
Tableau 2 : Répartition des surfaces de toiture par type de bâtiment et de toiture	20
Tableau 3 : Répartition des surfaces de toiture par contrainte patrimoniale	24
Tableau 4 : surfaces de toiture à l'ombre par typologie de bâtiment	26
Tableau 5 : Surface des toitures à deux pans mal orientées	27
Tableau 6 : Surface de toiture par typologie de toiture sans aucune contrainte	27
Tableau 7 : Surface de toiture sans aucune contrainte	27
Tableau 8 : Temps de retour sur investissement de l'eau chaude solaire pour l'habitat	31
Tableau 9 : Gisement net pour les chauffe-eau solaires individuels sur le parc des maisons existantes	32
Tableau 10 : Gisement net pour les chauffe-eau solaires individuels sur le parc des maisons neuves	33
Tableau 11 : Temps de retour sur investissement du chauffage solaire pour l'habitat	33
Tableau 12 : Gisement net pour les systèmes solaires combinés dans les maisons existantes	34
Tableau 13 : Gisement net pour les systèmes solaires combinés sur des maisons neuves	35
Tableau 14 : Temps de retour sur investissement de l'eau chaude solaire pour les logements collectifs	35
Tableau 15 : Gisement net pour les chauffe-eau solaires collectifs sur le parc de logements collectifs existants	37

Tableau 16 : Gisement net pour les chauffe-eau solaires collectifs sur des immeubles de logements neufs.....	37
Tableau 17 : Gisement net pour les chauffe-eau solaires sur des bâtiments publics existants.....	39
Tableau 18 : Gisement net pour les installations solaires dans les piscines existantes	40
Tableau 19 : Gisement net pour le solaire thermique dans l'industrie.....	40
Tableau 20 : Temps de retour sur investissement d'une installation photovoltaïque pour différents maîtres d'ouvrage.....	41
Tableau 21 : Gisement net des installations photovoltaïques sur les maisons	42
Tableau 22 : Gisement net pour les installations photovoltaïques sur les immeubles de logements neufs.....	43
Tableau 23 : Gisement net pour les installations photovoltaïques sur les grands bâtiments existants.....	44
Tableau 24 : Gisement net des installations photovoltaïques sur les bâtiments industriels.....	45
Tableau 25 : Bilan global des gisements nets identifiés sur le territoire pour les filières solaires.....	51

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 : 2020 et 2030.

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 et 2030.

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 Lille.

Tableau 1 : données mensuelles d'ensoleillement et de température à Lille

Base météo de référence : Lille

Altitude : 22 m

Latitude : 50,64 °

Longitude : 2,98 °

MOIS	Ensoleillement à l'horizontale (en Wh/m ² .j)	Température mini	Température moyenne	Température maxi
Janv	679	1,5	4,0	6,5
Févr	1 475	2,1	5,2	8,2
Mars	2 257	4,5	7,8	11,0
Avr	3 750	6,0	9,9	13,8
Mai	4 652	9,7	13,8	17,8
Juin	4 850	12,1	16,4	20,6
Juil	5 056	14,1	18,0	21,8
Août	4 221	14,5	18,9	23,3
Sept	2 892	11,6	15,6	19,5
Oct	1 751	8,7	11,9	15,1
Nov	946	4,4	7,1	9,7
Déc	516	1,8	4,6	7,3

Total annuel : 1008 kWh/m².an

Sources : ensoleillement - HelioClim1 / températures - Météonorm

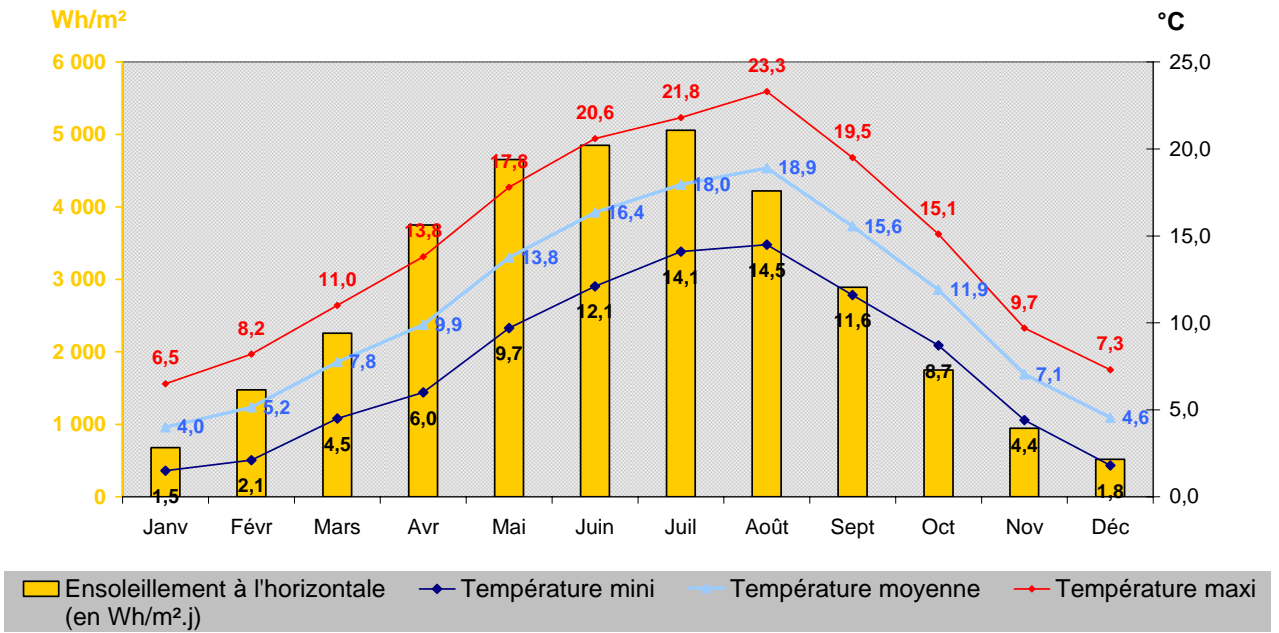
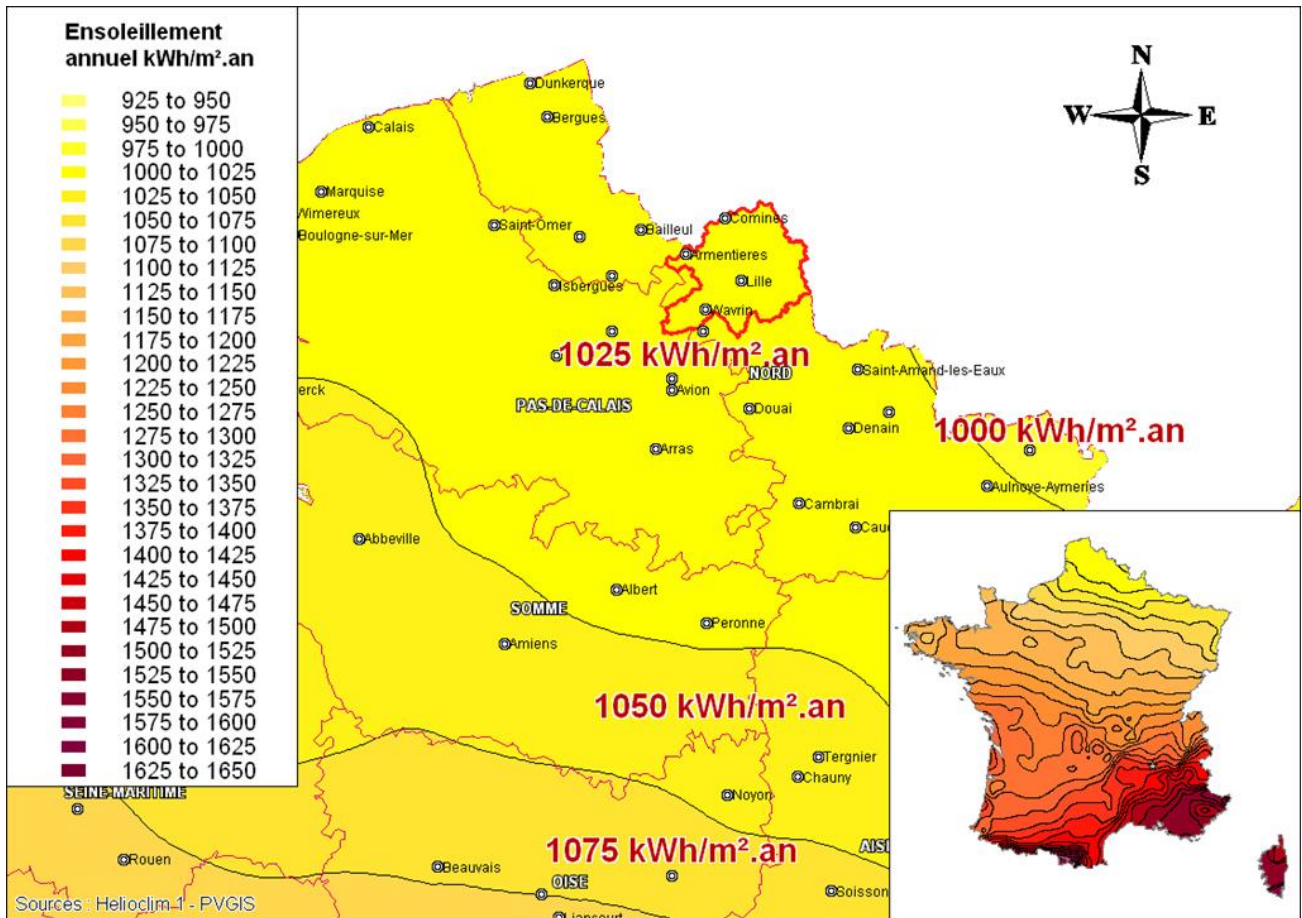


Figure 1 : courbes mensuelles d'ensoleillement et de température à Lille

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 Lille.

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 1 715 kWh/an soit 55% des besoins en eau chaude sanitaire de la famille considérée. La productivité des capteurs est de 350 kWh/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 de 1 000 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 875 kWh/an.

La production est très variable dans l'année ; ainsi au mois de décembre où l'ensoleillement est d'environ 0,52 kWh/m².jour, l'installation produit environ 0,730 kWh, tandis qu'au mois de juin 3,45 kWh sont produits sous un ensoleillement de 4,95 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, bâtiment industriel, 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 483 230 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 :

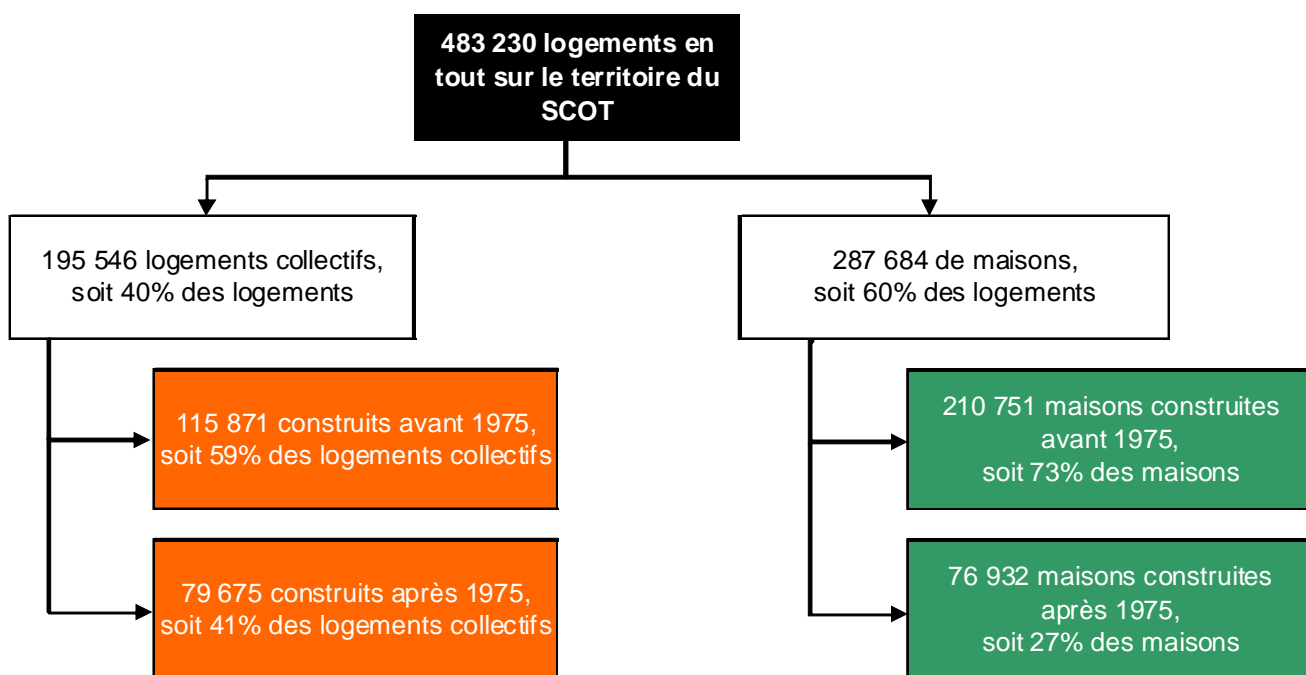


Figure 2 : Répartition du parc de logements (sources : INSEE – RP06)

Le parc de logement est constitué à 60 % de maisons individuelles ; pour 73 % d'entre elles, elles ont été construites avant 1975.

Les appartements représentent 40 % du parc de logement ; 60% 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 pour TOUT le département du Nord.

nombre d'étages	immeubles et logements	
	nombre d'immeubles	nombre de logements
4 étages ou moins	32 312	203 950
5 à 8 étages	3 652	74 077
9 étages ou plus	711	24 263
Total	36 675	302 290

Sources : Insee – RPG1999

Nous nous servons de ces données pour estimer le nombre moyen de logements par immeuble sur le territoire étudié. Il est d'environ 8 à fin 1999.

3.1.3. STATUT D'OCCUPATION DES RESIDENCES PRINCIPALES

Statut des occupants	Maison	Appartement
Propriétaire	81%	16%
Locataire non HLM	11%	42%
Locataire HLM	8%	42%
	100%	100%

Sources : INSEE – RP2006

Sur l'arrondissement de la métropole Lilloise le taux de propriétaire est de 81% 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.

3.2. LA DYNAMIQUE DE CONSTRUCTION

Nous nous intéressons à la dynamique de construction entre 1990 et 2006. 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 sept ans sur le territoire.

Cette approche de la dynamique de construction, sur une période de dix-sept 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 31 000 logements collectifs et de 28 000 maisons ont été construits en dix-sept ans (entre 1990 et 2006) sur un total de plus de 191 900 logements collectifs et près de 282 500 maisons sur le territoire (en 2006).

La dynamique de construction constatée entre 1990 et 2006 est d'environ 1 800 logements/an et 1 650 maisons/an.

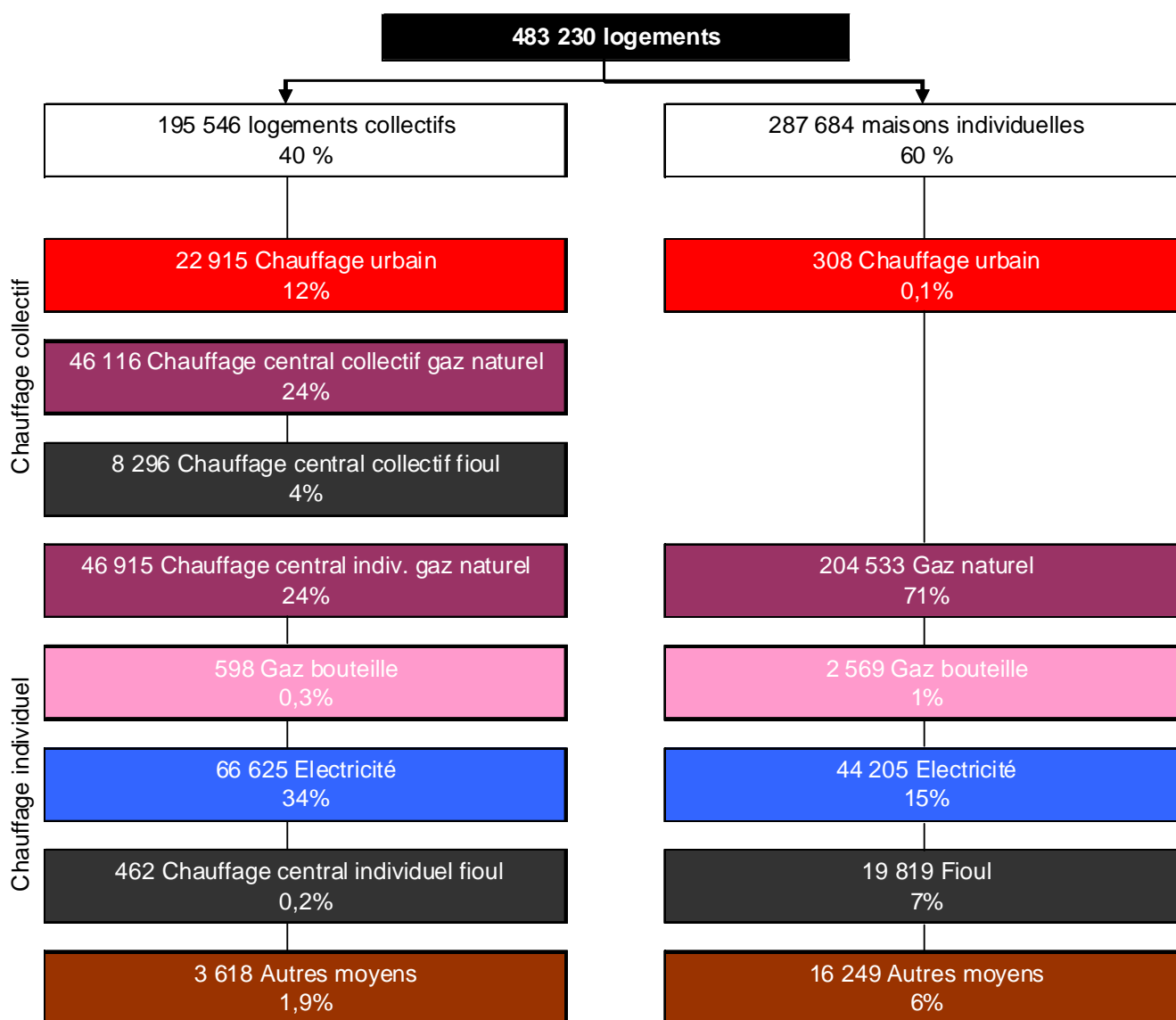
Pour la modélisation des gisements plausibles à l'horizon 2020, nous avons retenu les chiffres suivants : 1 500 maisons/an et 2 000 logements/an avec une projection linéaire.

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. Le fioul est encore significatif dans les maisons, mais peu utilisé dans les immeubles. Par contre, presque un immeuble sur

huit est desservi par le chauffage urbain. Le gaz bouteille est peu utilisés. Enfin, le recours aux modes de chauffage moins traditionnels (poêles, cheminées, cuisinières, radiateurs mobiles, etc.) est important, surtout dans les maisons.

3.2.1.1. Les logements collectifs

Chauffages individuels et collectifs confondus, le gaz naturel est l'énergie de chauffage de presque la moitié des logements collectifs sur le territoire. Avec l'électricité, on atteint les deux tiers des logements. La diversité n'est donc pas très importante en termes d'énergies de chauffage.

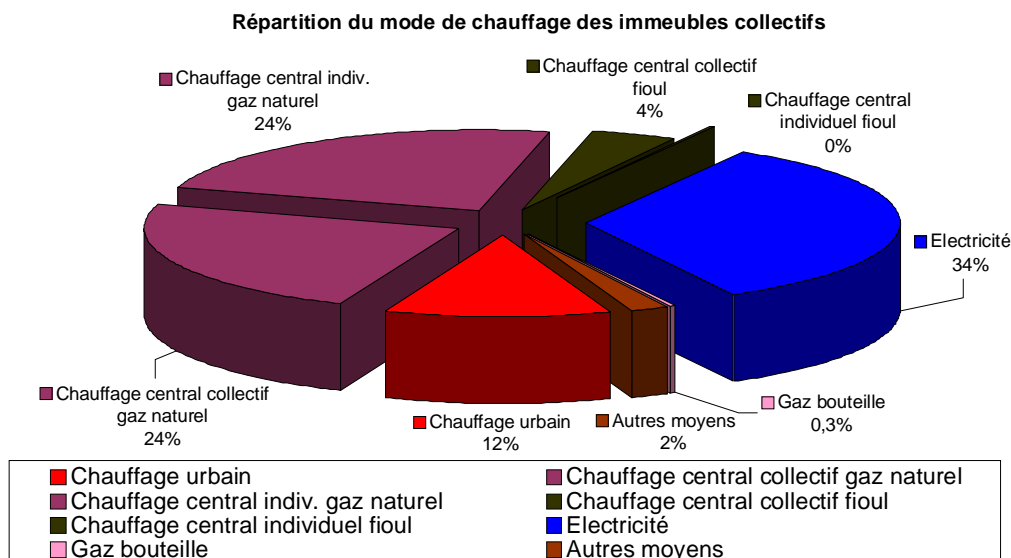


Figure 4 : Répartition des énergies de chauffage des logements collectifs en 2006 (sources : INSEE – RP06)

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 environ 4% 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

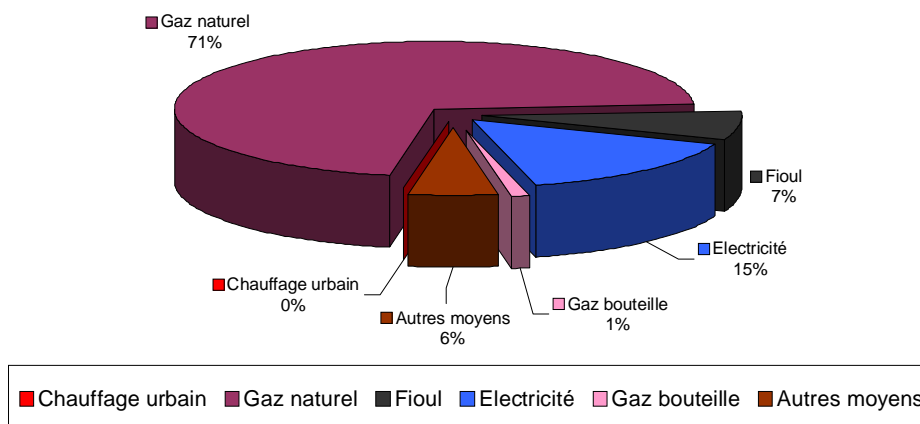


Figure 5 : Répartition des énergies de chauffage des maisons individuelles en 2006 (sources : INSEE – RP06)

Le gaz naturel est l'énergie prépondérante pour le chauffage des maisons, suivi par l'électricité et le fioul qui est toutefois en net recul depuis 1975. Les 6% affectés à « autres moyens » de chauffage concernent les maisons chauffées par des appareils indépendants (poêle à pétrole, radiateur mobile, cuisinière) ou avec une autre énergie (bois, géothermie, énergie solaire).

Comme pour les logements collectifs, on peut cibler préférentiellement (mais pas uniquement) les logements chauffés au fioul ou au propane, soit 8% 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 changé 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 (environ 20 m²).

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 fioul recule très fortement au profit de l'électricité essentiellement. L'électricité et le gaz naturel deviennent quasiment les seules énergies utilisées (85% des logements). En nombre de logements, l'électricité devance le gaz naturel. À noter toujours, l'importance du chauffage urbain sur le territoire par rapport à d'autres agglomérations.

Répartition du mode de chauffage des maisons individuelles après 1999

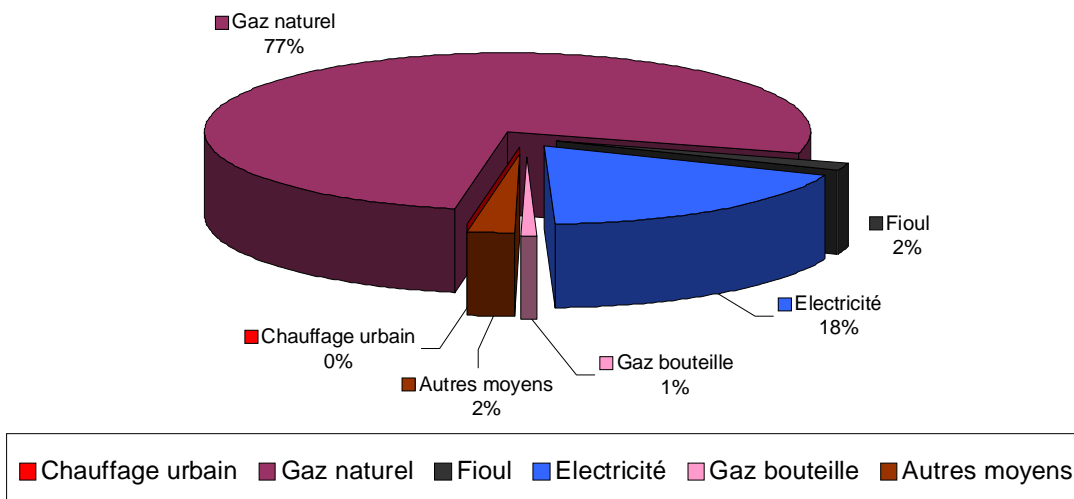


Figure 6 : Répartition des énergies de chauffage après 1999 pour les maisons individuelles (source : INSEE – RP06)

Répartition du mode de chauffage des immeubles collectifs après 1999

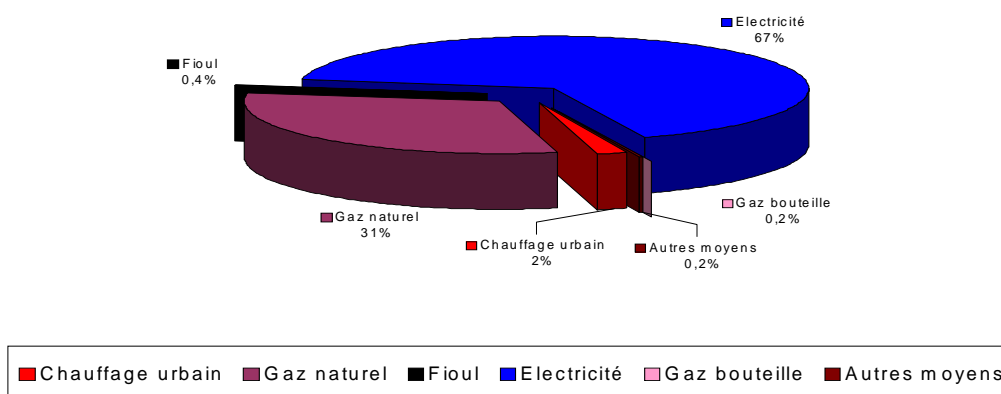


Figure 7 : Répartition des énergies de chauffage après 1999 pour les logements collectifs (source : INSEE – RP06)

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).

La nécessité de favoriser les énergies renouvelables en substitution du gaz 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.

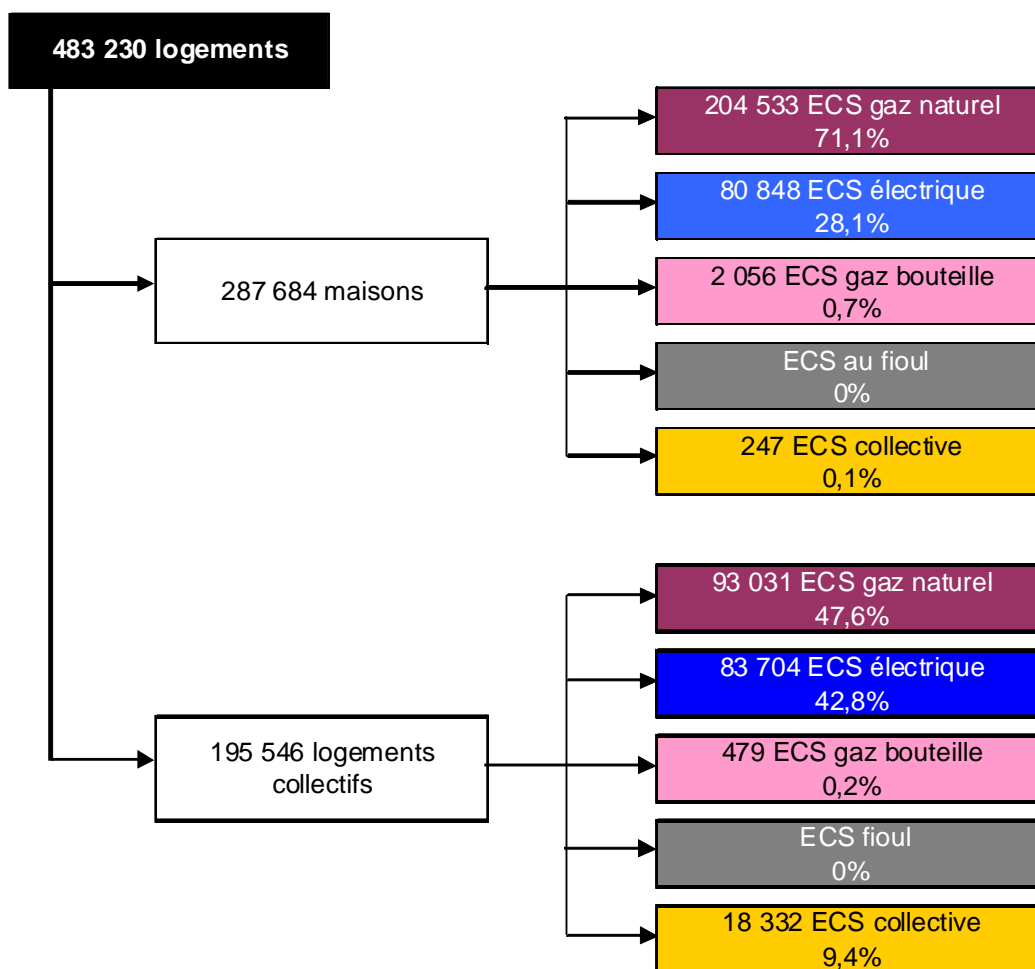


Figure 8 : Mode de chauffage de l'eau chaude sanitaire en 2006 (sources : INSEE – RP06 et hypothèse Axenne)

4. ANALYSE CARTOGRAPHIQUE

L'analyse cartographique a consisté en l'étude de l'orientation des pentes et de la typologie des toitures (inclinée ou terrasse). Nous avons également identifié les bâtiments qui se font de l'ombre entre eux.

L'identification du type de toiture (terrasse ou inclinée) a été réalisée à partir d'un croisement de la BDTopo et du Modèle Numérique d'Élévation (MNE)³. Cette analyse a été réalisée pour le territoire de Lille Métropole Communauté Urbaine, nous n'avons pas eu à notre disposition les données du MNE sur l'ensemble du territoire du SCOT.

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'année⁴. Cette analyse a pu être réalisée pour tout le territoire.

³ La marge d'erreur pour l'identification des toitures (terrasses ou inclinées) est estimée à 5%.

⁴ 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 et nous l'avons complété avec les caractéristiques des toitures (terrasse ou inclinée).

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 12 m de haut et d'une surface inférieure à 1 000 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 18 872 000 m². 61 % de cette surface est inclinée, le reste est en toiture terrasse.



Il faut noter ici, qu'une partie des bâtiments agricoles (les granges) se retrouvent dans la catégorie « maison » et on ne retrouve pas ces surfaces dans la catégorie bâtiments agricoles.

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 18 917 000 m². 62 % de cette surface est inclinée, le reste est en toiture terrasse.



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 16 566 629 m². 67 % de cette surface est plate, le reste est en toiture inclinée.



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 1 444 092 m². 61 % de cette surface est plate, le reste est en toiture inclinée.



Bâtiment sportif

Définition : Bâtiment réservé à la pratique sportive.

Regroupement : Gymnase, Piscine couverte, Salle de sport, Tennis couvert. La surface totale des toits totalise 549 000 m². 56 % de cette surface est plate, le reste est en toiture inclinée.

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



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 304 000 m² de toiture. 77 % de cette surface est plate, le reste est en toiture inclinée.



Bâtiment	Surface (m ²)	% du total
Maison	18 872 640	33,3%
Immeuble	18 916 698	33,4%
Bâtiment industriel	16 566 629	29,2%
Bâtiment commercial	1 444 092	2,5%
Bâtiment sportif	548 869	1,0%
Serre	304 682	0,5%
Bâtiment agricole	54 773	0,1%
	56 708 383	100%

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

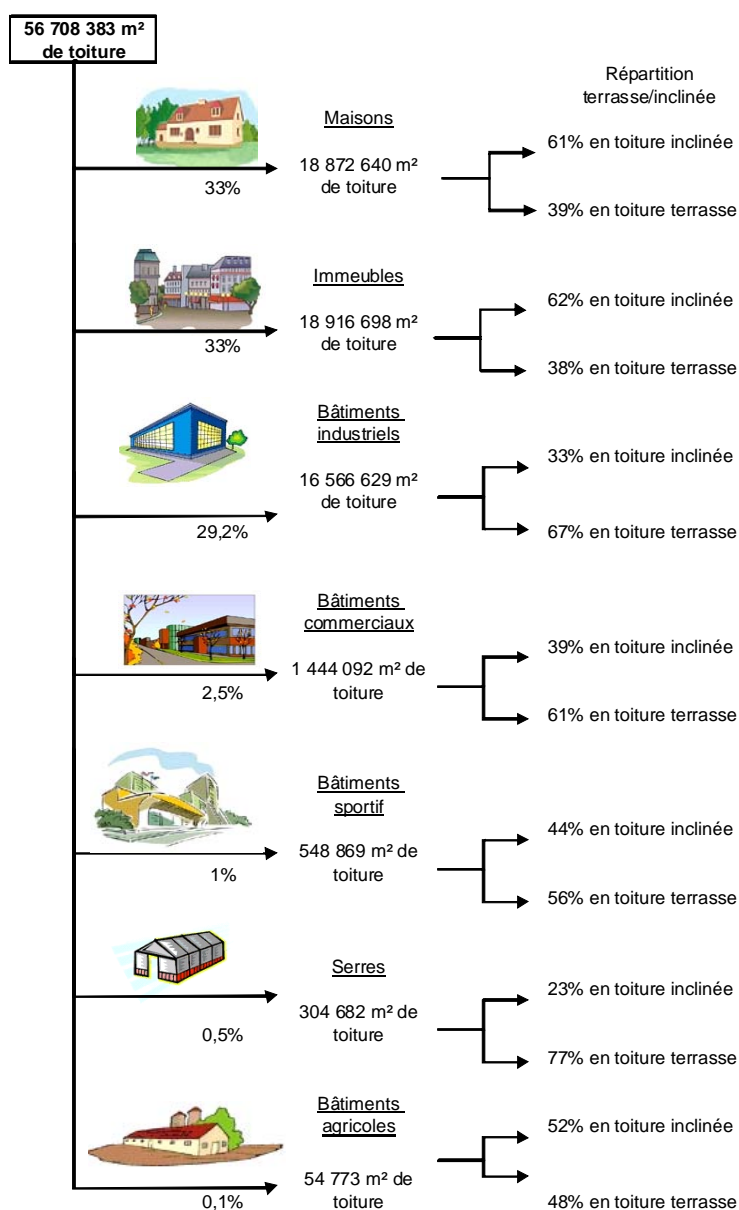


Figure 9 : Répartition des surfaces de toiture par type de bâtiment et de toiture

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 un secteur sauvegardé sur le territoire*

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.**

→ *Six 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 cinq 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 392 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 8 sites inscrits sur le territoire.

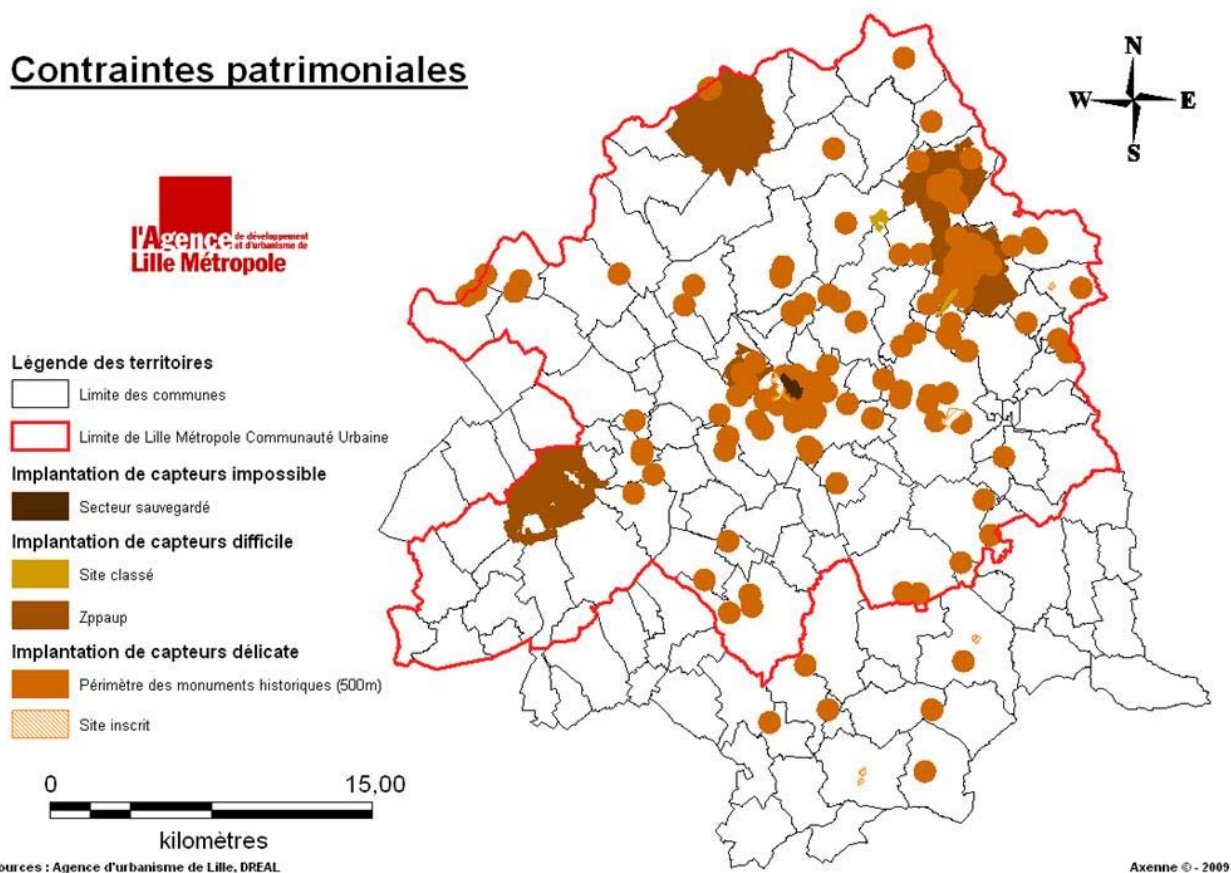


Figure 10 : Les contraintes du patrimoine bâti

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

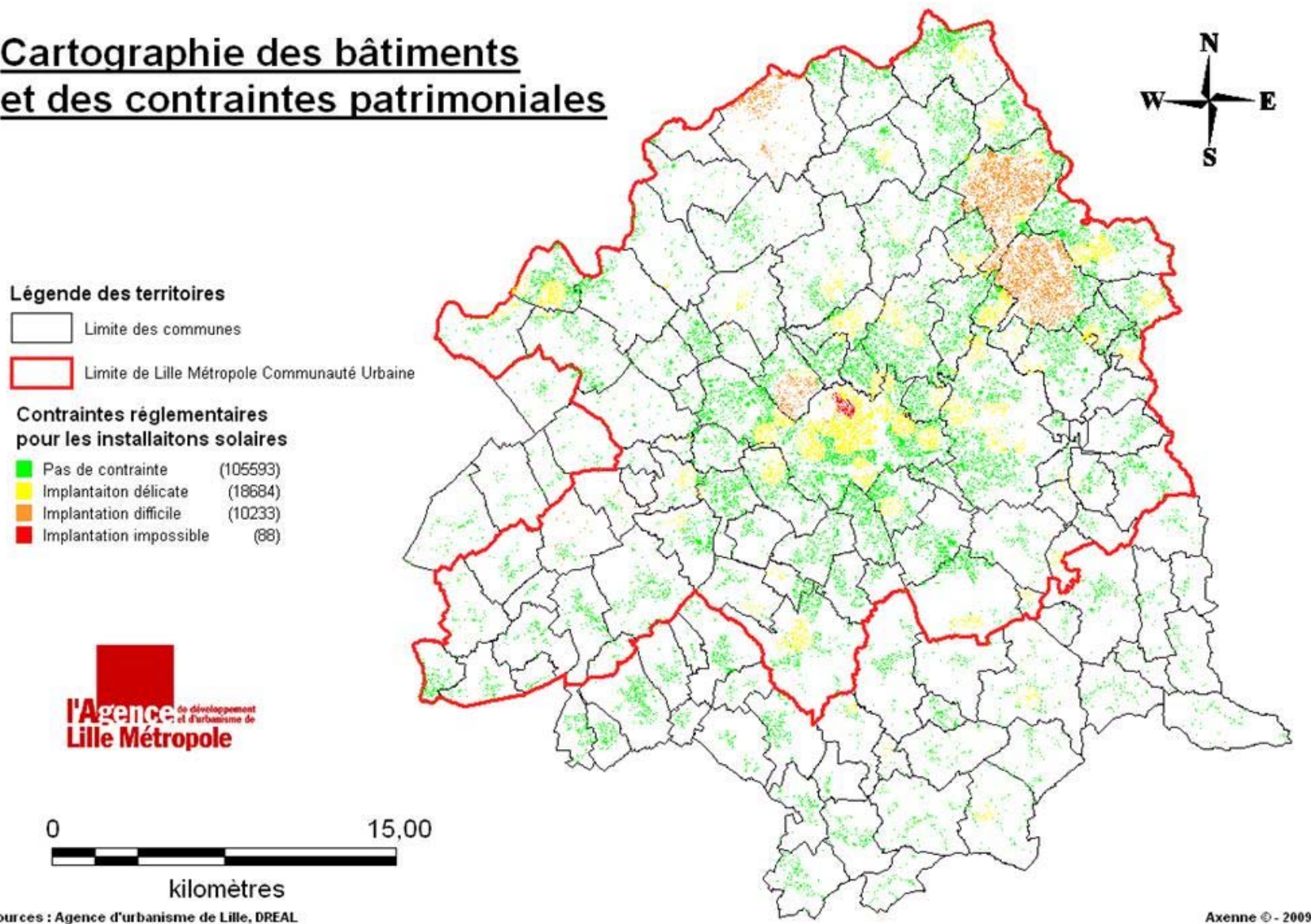


Figure 11 : Niveau d'enjeu pour l'implantation de panneaux solaires au regard des contraintes patrimoniales

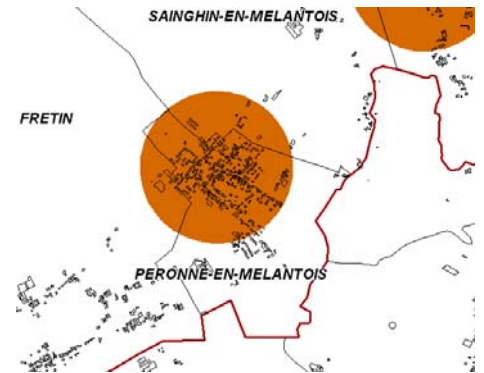
Contraintes (patrimoine culturel)	Surface (m ²)	
Implantation impossible	305 514	0,5%
Implantation difficile	9 051 325	16%
Implantation délicate	11 247 291	20%
Pas de contrainte	36 790 796	64%

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-contre, sur la commune de Péronne-en-Mélantois, 80 % des surfaces de toitures sont concernées par le périmètre de 500m du monument historique.

Seule la commune de Lille présente 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.

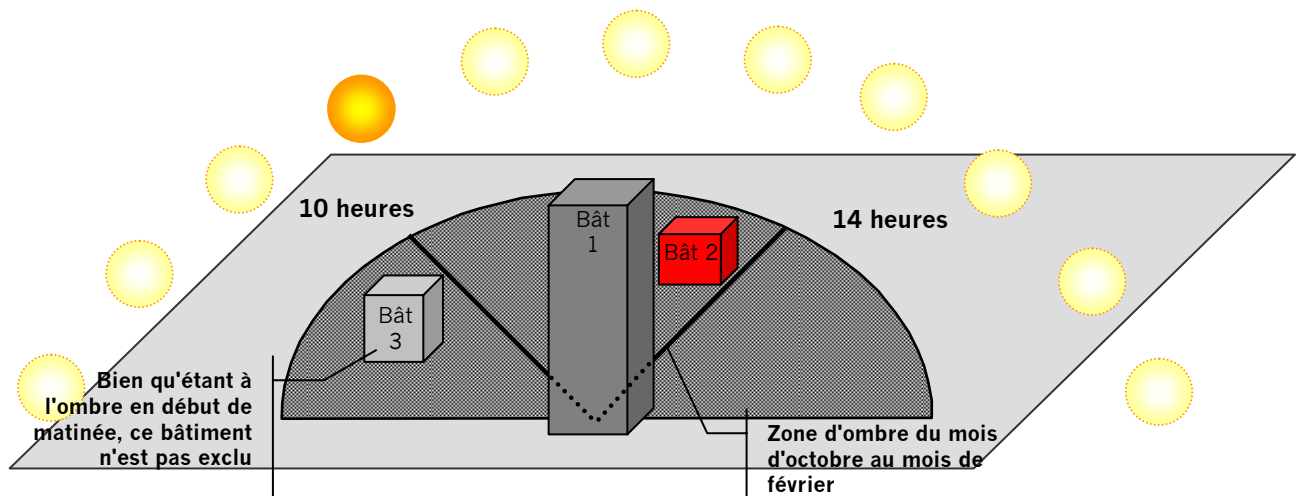


Figure 12 : Méthodologie de prise en compte des bâtiments à l'ombre

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.

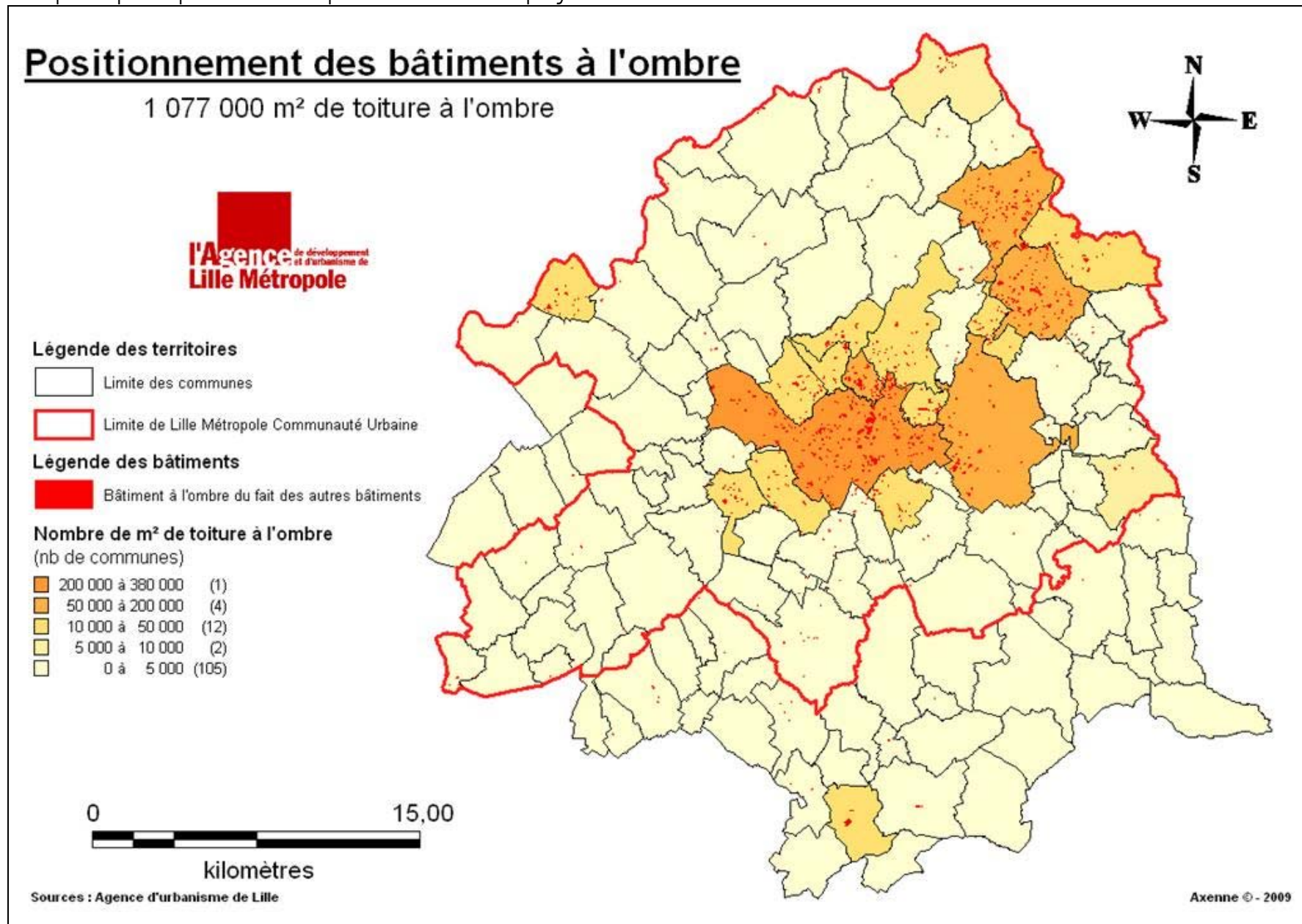


Figure 13 : Représentation des bâtiments à l'ombre

Type de bâtiment	Type de toiture	Surface à l'ombre (m ²)	en % de la surface totale
Immeuble	Inclinée	184 425	2%
Immeuble	Terrasse	207 189	3%
Maison	Inclinée	70 011	1%
Maison	Terrasse	93 210	1%
Bâtiment industriel	Inclinée	201 064	4%
Bâtiment industriel	Terrasse	130 906	1%
Bâtiment commercial	Inclinée	70 573	12%
Bâtiment commercial	Terrasse	38 701	4%
		886 805	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

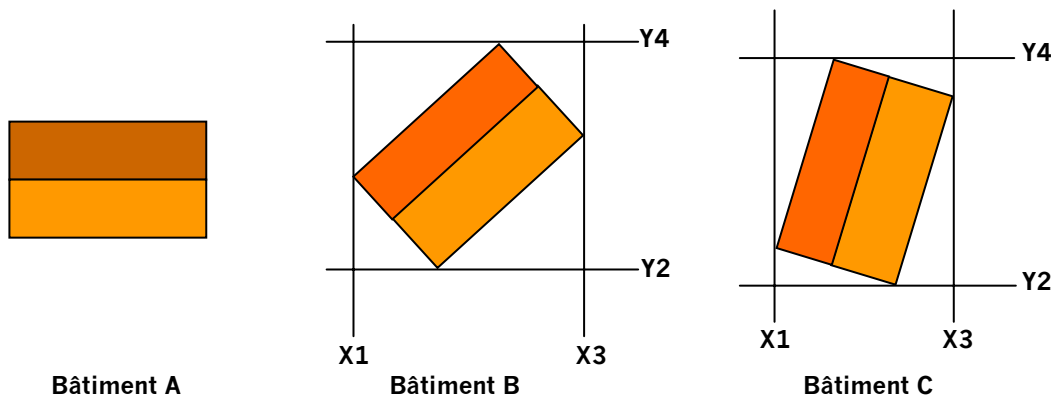
L'orientation des bâtiments est également un paramètre dont il faut tenir compte dans le cas de l'implantation d'un générateur photovoltaïque ou de capteurs solaires thermiques.

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	2 942 734	16%
Maison	2 329 298	12%
Bâtiment industriel	1 064 627	6%
Bâtiment commercial	156 701	11%
	6 336 659	

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	Type de toiture	Surface sans aucune contrainte(m ²)	en % de la surface totale de la typologie
Immeuble	Terrasse	3 571 132	50%
Immeuble	Inclinée	3 530 796	30%
Maison	Inclinée	6 763 980	59%
Maison	Terrasse	5 601 704	75%
Bâtiment industriel	Terrasse	8 136 532	73%
Bâtiment industriel	Inclinée	2 789 710	51%
		30 393 854	

Tableau 6 : Surface de toiture par typologie de toiture sans aucune contrainte

Typologie de bâtiment	Surface sans aucune contrainte(m ²)	en % de la surface totale de la typologie
Immeuble	7 101 928	38%
Maison	12 365 684	66%
Bâtiment industriel	10 926 242	66%
	30 393 854	

Tableau 7 : Surface de toiture sans aucune contrainte

Cette analyse cartographique du potentiel solaire montre que la grande majorité des bâtiments de l'agglomération ne subit ni contrainte réglementaire ni contrainte d'ensoleillement. Ces surfaces d'immeubles, de maisons et de bâtiments industriels sans contrainte totalisent plus de trente 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, 84% 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, 85% des toitures sont bien orientées et ne sont pas à l'ombre du fait d'autres bâtiments,
- dans les sites classés, 100 % des toitures sont bien orientées et ne sont pas à l'ombre du fait d'autres bâtiments,
- dans les sites inscrits, 80 % 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.

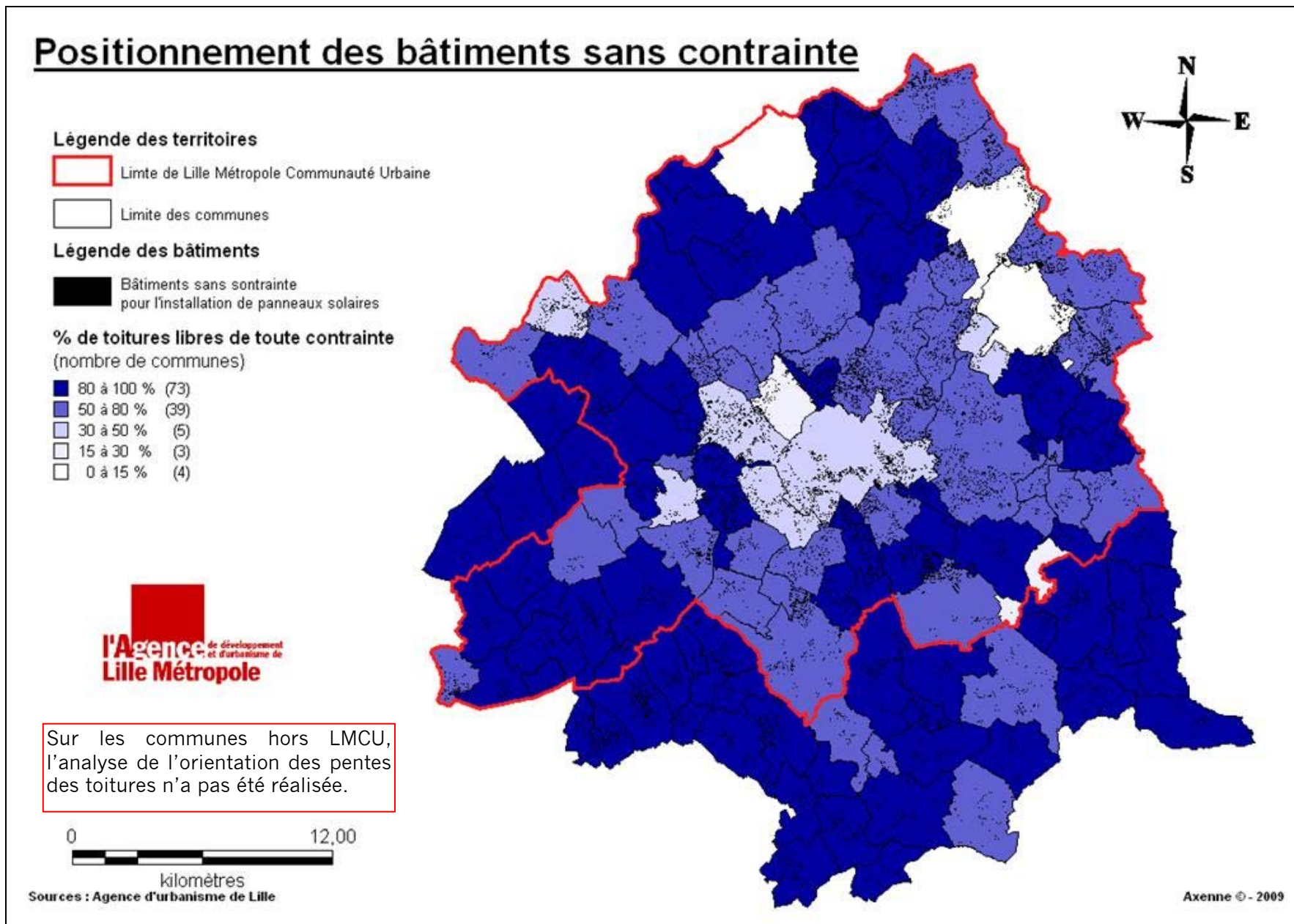


Figure 14 : Représentation des bâtiments sans aucune contrainte et pourcentage de surface sans contrainte par commune

Positionnement des bâtiments publics sans contrainte pour des installations solaires

Légende des territoires

- Limite de Lille Métropole Communauté Urbaine
- Limite des communes

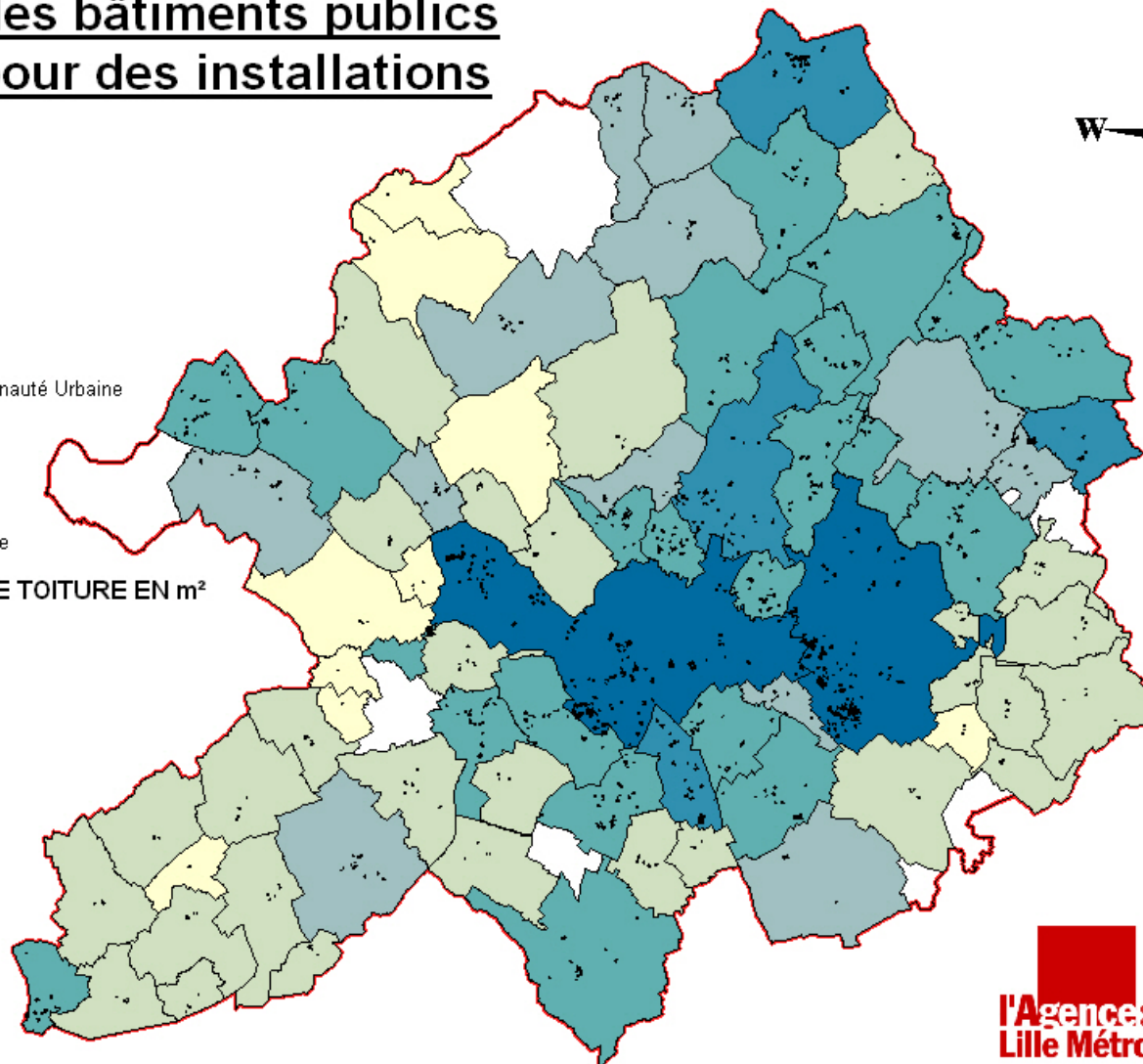
Légende des bâtiments

- Bâtiments publics sans contrainte

GISEMENT NET DE SURFACE DE TOITURE EN m²

(nb de communes)

- 100 000 à 411 000 (2)
- 50 000 à 100 000 (4)
- 20 000 à 50 000 (21)
- 10 000 à 20 000 (12)
- 2 000 à 10 000 (30)
- 0 à 2 000 (9)



Sources : Agence d'urbanisme de Lille

Axenne © - 2009

Figure 15 : Représentation des bâtiments publics sans aucune contrainte et surfaces 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 données utilisées proviennent de l'INSEE (recensement de la population 2006) et d'autres organismes qui nous permettent d'obtenir, par exemple, le nombre d'établissements par code activité ou encore la dynamique de construction sur le territoire. Nous utilisons donc les pourcentages issus de l'analyse cartographique et nous les appliquons aux données socio-économiques en fonction de la typologie des bâtiments de l'IGN.


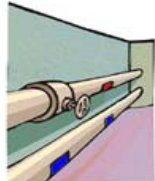


Les gisements nets sont présentés pour l'arrondissement de Lille, soit les 124 communes (Lomme et Lille ont été regroupés dans notre analyse). Nous utiliserons les pourcentages de l'analyse cartographique définie pour le territoire de Lille Métropole Communauté Urbaine pour l'ensemble du territoire.

5.1. LES FILIERES « SOLAIRE THERMIQUE »

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	Electricité HC	Chauffage urbain	Gaz nat	Propane
Temps de retour investisseur (ans)	19	19	15	9
Rejet de CO ₂ évité (kg/an)	74	74	399	476

Électricité heure creuse : dans une optique de renouvellement d'un cumulus électrique en fin de vie

Tableau 8 : 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 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 19 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 du 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, 66 % sont « éligibles » pour l'installation de capteurs solaires (voir Tableau 7 : Surface de toiture sans aucune contrainte).

Gisement net des chauffe-eau solaires individuels dans les maisons existantes :

			
CHAUFFE-EAU SOLAIRE INDIVIDUEL DANS L'HABITAT EXISTANT			
Nombre total de Maisons (cible totale)	80 848	2 056	204 533
Energie utilisée pour l'eau chaude sanitaire	ECS électrique	ECS gaz bouteille	ECS gaz naturel
Gisement net CESI (nb d'installations)	52 973	1 347	134 014
Gisement net annuel (nb d'installations)	4 414/an	90/an	8 934/an





x 66%

Tableau 9 : 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 15 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 :

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.

CHAUFFE-EAU SOLAIRE INDIVIDUEL DANS L'HABITAT NEUF				
	Nombre de Maisons/an (cible totale)	275/an	28/an	13/an
Energie utilisée pour l'eau chaude sanitaire	Electricité	Fioul	Gaz bouteille	Gaz naturel
Gisement net annuel CESI (nb d'installations)	180/an	19/an	9/an	752/an

x 66%

Tableau 10 : 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 2007 :

Dans l'année 2007, le nombre de CESI installés sur les maisons neuves et existantes sur le territoire était de 470 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) :





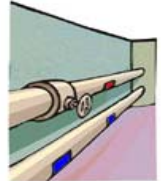
SYSTEME SOLAIRE COMBINE POUR LES MAISONS INDIVIDUELLES					
Energie substituée	Gaz nat	Fioul	Propane	Electricité	Chauffage urbain
Temps de retour investisseur (ans)	20	14	11	18	24
Rejet de CO ₂ évité (kg/an)	2 844	1 235	1 632	2 695	1 314

Tableau 11 : 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 16 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 était 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 :


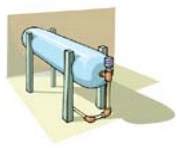
	SYSTEME SOLAIRE COMBINE DANS L'HABITAT EXISTANT		
	Nombre total de Maisons (cible totale)	19 819	2 569
	Energie utilisée pour l'eau chaude sanitaire	Fioul	Gaz bouteille
x 66% x 50%	Gisement net SSC (nb d'installations)	6 493	842
	Gisement net annuel (nb d'installations)	433/an	56/an

Tableau 12 : Gisement net pour les systèmes solaires combinés dans les maisons existantes

Le gisement net annuel tient compte du renouvellement des équipements (tous les 15 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 :





SYSTEME SOLAIRE COMBINE DANS L'HABITAT NEUF					
x 66% x 50%	Nombre de Maisons/an (cible totale)	275/an	1 147/an	28/an	13/an
	Energie utilisée pour le chauffage	Electricité	Gaz naturel	Fioul	Gaz bouteille
	Gisement net annuel SSC (nb d'installations)	90/an	376/an	9/an	4/an

Tableau 13 : 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 2007 :

Dans l'année 2007, le nombre de SSC installés sur les maisons neuves et existantes sur le territoire était de 155 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 :





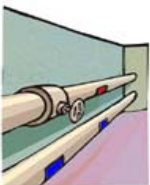
CHAUFFE-EAU SOLAIRE COLLECTIF					
Energie substituée	Gaz nat	Fioul	Propane	Electricité	Chauffage urbain
Temps de retour investisseur (ans)	16	14	5	11	12
Rejet de CO ₂ évité (kg/an)	5 011	7 014	5 979	926	5 304

Tableau 14 : 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 38 % sont « éligibles » pour l'installation de capteurs solaires (voir Tableau 7 : Surface de toiture sans aucune contrainte).

Nous avons retenu un ratio de 4 m² de capteur solaire installé par logement et pour estimer le nombre d'installations, nous avons repris le chiffre de 40 m² par installation (moyenne des installations collectives sur le territoire).

Gisement net des chauffe-eau solaires collectifs dans l'habitat collectif existant :


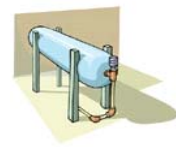
		CHAUFFE-EAU SOLAIRE COLLECTIF DANS LES IMMEUBLES EXISTANTS		
				
$x 4 \text{ m}^2/\text{logement} \times 38\%$	↓	Nombre total de logements	8 296	598
	↙	Energie utilisée pour l'eau chaude sanitaire	Fioul	Gaz propane
	↘	Gisement net pour les chauffe-eau solaire collectifs (nb de m²)	12 459	899
	↘	Gisement net CESC (nb d'installations)	311	22

Tableau 15 : 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 :

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



		CHAUFFE-EAU SOLAIRE COLLECTIF DANS LES IMMEUBLES NEUFS		
				
$x 4 \text{ m}^2 \text{ par logement} \times 38\%$	↓	Nombre de logements/an	619/an	1 324/an
	↙	Energie utilisée pour l'eau chaude sanitaire	Gaz naturel	Electricité
	↘	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 16 : 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'établissement 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 :

CHAUFFE-EAU SOLAIRE COLLECTIF SUR LES BATIMENTS 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, etc.)
Nb d'établissements (cible totale)	263	159	441
Installation type (m ²)	60 m ²	100 m ²	40 m ²
Gisement net surface installée (m ²)	5 920/an	5 970/an	6 620/an

x 38 %

Tableau 17 : Gisement net pour les chauffe-eau solaires sur des bâtiments publics existants

Rappel des données 2007 :

Fin 2008 le nombre total d'installations solaires collectives sur le territoire était d'une quinzaine pour une surface totale de 500 m².

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 124 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 79 piscines de plus de 200 m² s'élève à 29 000 m², ce qui pourrait représenter une surface de capteurs solaires de 14 500 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.

Enfin, nous avons pris comme hypothèse que 5 piscines sont équipées par an. Le gisement net est donc de 2 000 m² environ par an pendant 8 ans.

Gisement net des installations solaires pour les piscines existantes :

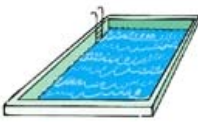
MOQUETTE SOLAIRE POUR LES BASSINS EXISTANTS	
Type de bâtiment	Bassins (surface >200)
nb de bassins (cible totale)	79
Gisement global pour les moquettes solaires (nb de m²)	15 791
Gisement net annuel surface installée (m²) (5 piscines /an)	1 999

Tableau 18 : Gisement net pour les installations solaires dans 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 agro-alimentaire, 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 (76%). 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.
\swarrow x 65% x 25%	Nb d'établissements (cible totale)	181
\searrow	Gisement net (nb d'installations)	30

Tableau 19 : 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		 Centrale photovoltaïque
	Cas de figure	Maison > 2 ans	Maison neuve	Bâtiment > 2ans	Bâtiment neuf	Bâtiment > 2 ans	
Temps de retour investisseur (ans)	5	9	11	13	14	17	18

Tableau 20 : 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, 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.
- subventions de la région : 1€/Wc pour les particuliers (installation de moins de 5kWc). Jusqu'à 40% HT des travaux (assiette éligible maxi : 1 000 000 € ; Fonds européen FEDER), pour les collectivités.
- 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 avec une toiture inclinée, 59 % sont situées en zone non contrainte pour l'installation de capteurs solaires photovoltaïques (voir tableau n°5).

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 :



	PHOTOVOLTAIQUE DANS L'HABITAT INDIVIDUEL	
	 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)	287 684	1 500/an
Gisement net pour les installations photovoltaïques (nb d'installations)	170 288	888/an
Gisement net (m ² de toiture)	5 108 652	26 637/an

Diagramme illustrant la pondération des données :

- Un rectangle contenant "x 59 % (toiture inclinée)" a une flèche qui pointe vers le haut et se connecte à la colonne "Toiture inclinée" (structure intégrée sur l'existant) du tableau.
- Un rectangle contenant "x 30m²" a une flèche qui pointe vers la droite et se connecte à la colonne "Toiture inclinée" (structure intégrée sur le neuf par an) du tableau.

Tableau 21 : Gisement net des installations photovoltaïques sur les maisons

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

Rappel des données 2007 :

En 2007, le nombre total d'installations photovoltaïques individuelles réalisé sur le territoire a été de 150 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 (50% pour les toitures-terrasses, 30% pour les toitures inclinées et 38% tous types de toitures confondus). Un autre coefficient leur est appliqué :

- de 40% pour les toitures-terrasses pour tenir compte des lanterneaux, conduits de ventilation, cages d'ascenseur, etc.,
- de 70% x 50% pour les toitures inclinées : 70% de la toiture pour tenir compte des cheminées, velux, etc., et 50% pour tenir compte de la moitié de la surface totale (les modules ne sont pas installés au nord).
- 40% pour les immeubles neufs, pour les raisons citées ci-dessus.

Gisement net des installations photovoltaïques sur les immeubles :




PHOTOVOLTAÏQUE SUR LES IMMEUBLES (logements, bureaux, commerces, etc.)	 Toiture terrasse	 Toiture inclinée	
Type d'installation	Membrane amorphe sur l'existant	Structure intégrée sur l'existant	structure intégrée sur des immeubles neufs
Nombre de m ² (cible totale)	7 210 068	11 706 630	240 000/an
Gisement net pour les installations photovoltaïques (nb d'installations)	7 142	6 179	180/an
Gisement net annuel surface installée (m²)	1 428 453	1 235 779	36 041/an

Tableau 22 : Gisement net pour les installations photovoltaïques sur les immeubles de logements neufs

Rappel des données 2007 :

En 2007, le nombre d'installations photovoltaïques en collectif réalisé sur le territoire était de moins de 10.

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 :


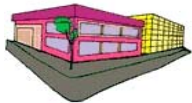

PHOTOVOLTAÏQUE SUR LES GRANDS BATIMENTS EXISTANTS	 Bâtiments sportifs, tribunes	 Commerce (hypermarché, supermarchés, entrepôt de stockage.)	 Enseignement (collèges, lycées, etc.)
Nb d'établissements (cible totale)	269	408	125
Installation type (m ²)	1 400 m ²	1 500 m ²	2 500 m ²
Gisement net surface installée (m ²)	145 437 m ²	229 764 m ²	117 322 m ²

Tableau 23 : Gisement net pour les installations photovoltaïques sur les grands bâtiments existants

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



PHOTOVOLTAIQUE SUR LES BÂTIMENTS INDUSTRIELS		
	Toiture terrasse	Toiture inclinée
Type de bâtiment	Bâtiments existants	Bâtiments existants
Nombre total de bâtiments (cible totale)	10 205	3 184
Nombre de m ² de toiture	11 391 407	5 703 667
Gisement net pour les installations photovoltaïques (nb d'installations)	7 074	1 641
Gisement net (m² de toiture)	3 337 439	990 262

Tableau 24 : Gisement net des installations photovoltaïques sur les bâtiments industriels

5.2.4. LES CENTRALES AU SOL

Pour estimer les localisations potentielles de centrales au sol, une première approche a consisté à analyser l'occupation du sol (Corine Land Cover, année 2006). Nous nous sommes intéressés en particulier aux anciennes décharges, friches et sites d'extraction de matériaux. Ces sites pourraient à terme accueillir une centrale au sol. Cependant pour affiner ce type d'analyse une connaissance plus précise du territoire et des projets en cours est indispensable.

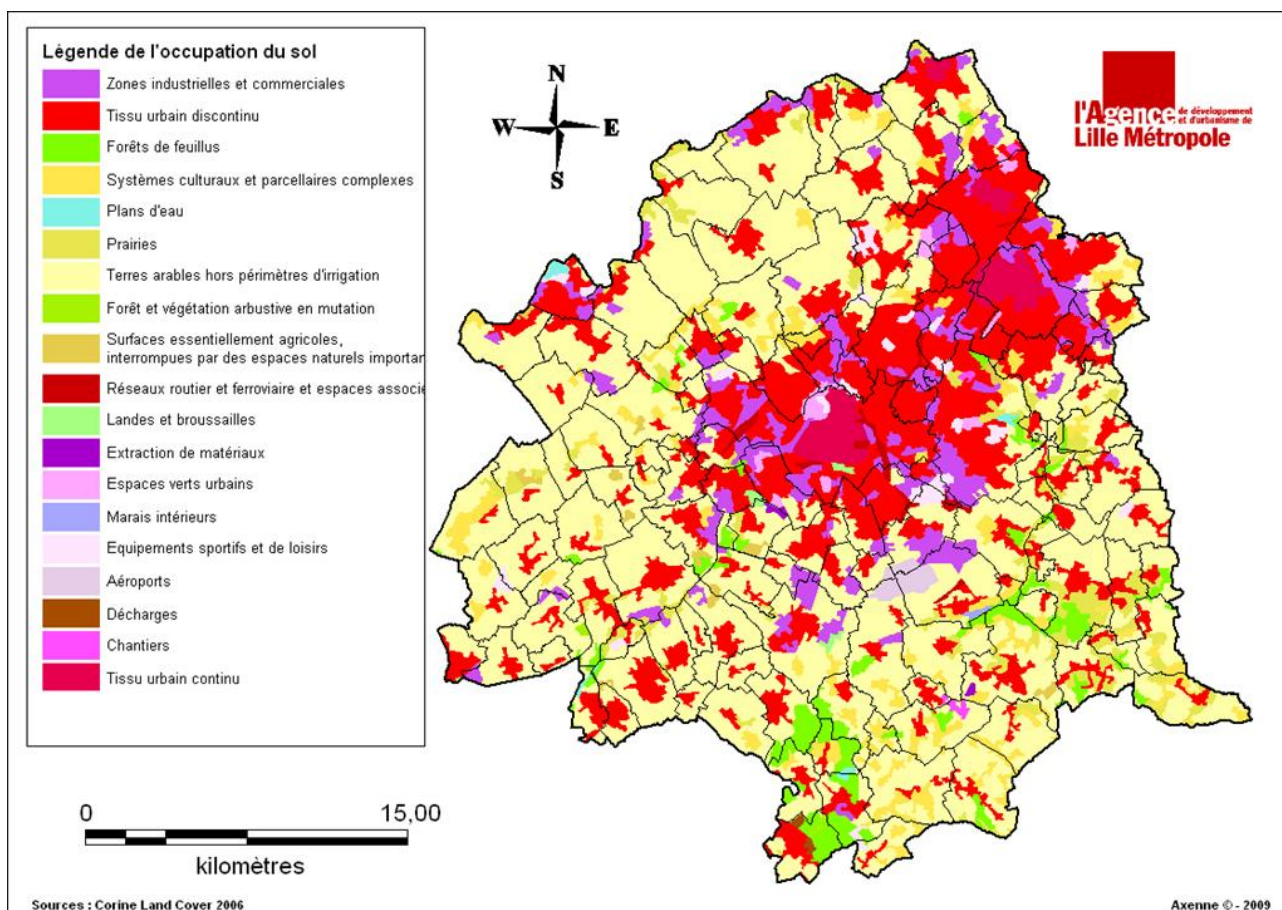


Figure 16 : carte des sites identifiés comme favorable à terme pour une centrale photovoltaïque au sol

Le potentiel identifié avec Corine Land Cover s'élève à 60 MWc. Nous avons retenu un coefficient pour chaque zone de manière à tenir compte des chemins d'accès et du fait qu'il sera difficile de couvrir toute la surface.

Libellé	Surface totale en Région PACA (ha)	Centrale au sol autorisée	Coef.	Surface après application du coefficient (ha)	MWc potentiel
Chantiers	111	oui - favorable	0,9	100	30
Décharges	55	oui - favorable	0,9	49	15
Extraction de matériaux	65	oui - favorable	0,7	45	14
Réseaux routier et ferroviaire et espaces associés	520	oui - favorable	0,01	5	2
Forêt et végétation arbustive en mutation	57	non			
Forêts de feuillus	2 868	non			
Landes et broussailles	129	non			
Prairies	3 245	non			
Terres arables hors périmètres d'irrigation	45 238	non			
Surfaces essentiellement agricoles, interrompues par des espaces n	424	non			
Systèmes culturaux et parcellaires complexes	4 615	non			
Aéroports	380	non			
Equipements sportifs et de loisirs	958	non			
Espaces verts urbains	515	non			
Marais intérieurs	33	non			
Plans d'eau	162	non			
Tissu urbain continu	1 742	non			
Tissu urbain discontinu	21 074	non			
Zones industrielles et commerciales	5 717	non			
					60 MWc

5.2.5. 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).

5.2.6. LES OMBRIERES DE PARKING

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



Il s'agit ici des surfaces d'ombrières directement exploitable 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 10 000 mètres carrés de toiture de bâtiments commerciaux il est possible d'exploiter 4 000 mètres carrés en ombrières de parking. Sur les ombrières de parking la technologie est généralement en polycristallin et le ratio retenu est de 100Wc/m² (toute la surface peut-être exploitée).

Nous avons croisé la table des bâtiments avec l'occupation du sol et retenu les surfaces de toitures des bâtiments commerciaux situées dans les 'zones industrielles et commerciales' au sens de la nomenclature de Corine Land Cover.

34 zones sont concernées par ce type d'installation pour une surface totale d'ombrière de parking de 374 400 m². La puissance potentielle est de 37 440 kWc.


Positionnement des sites potentiels pour des ombrières de parking

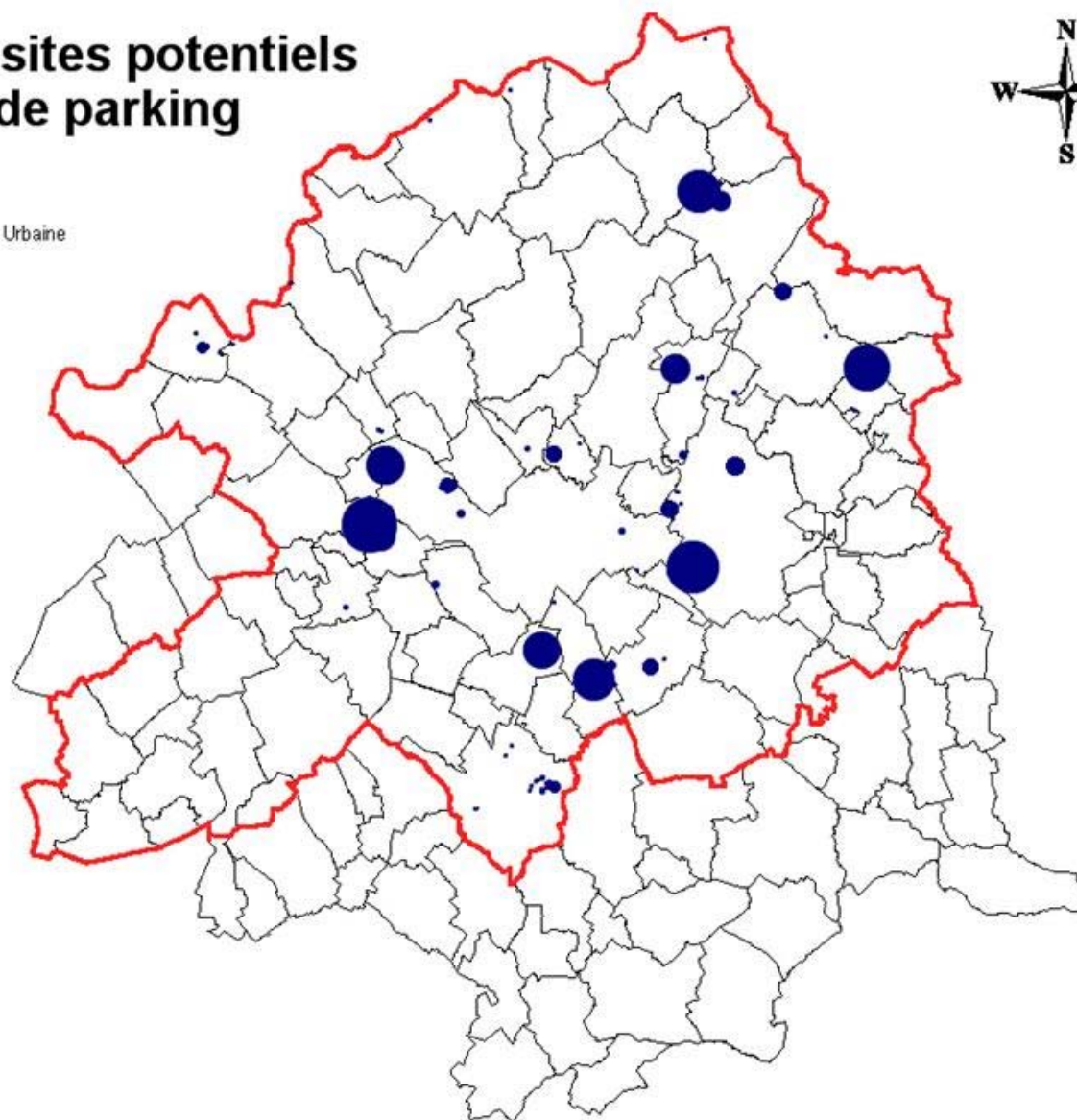


Légende des territoires

-  Limite de Lille Métropole Communauté Urbaine
-  Limite des communes

PUISSANCE SUR LES OMBRIERES DE PARKING

-  1 800 kWc
-  900 kWc
-  180 kWc







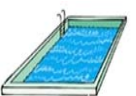

Sources : IGN BDTopo, ADULM

Axenne © -15/02/2010

6. BILAN GLOBAL DES GISEMENTS NETS

6.1. 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	CHAUFFAGE ET EAU CHAUDE SOLAIRE MAISON INDIVIDUELLE	EAU CHAUDE SOLAIRE COLLECTIVE	EAU CHAUDE SOLAIRE COLLECTIVE HORS HABITAT	CHAUFFAGE DE L'EAU DES PISCINES	SOLAIRE TRES HAUTE TEMPERATURE	
dans l'existant	nombre :	188 334	7 335	1 194	324	79	30	1 098 567 m ² 386 824 MWh/an
	surface totale* :	941 669 m ²	73 348 m ²	47 770 m ²	18 510 m ²	15 791 m ²	1 479 m ²	
	MWh/an :	329 584	29 339	15 287	7 404	4 737	473	
sur le neuf par an	nombre :	959	479	73				12 506 m ² 4 529 MWh/an
	surface totale* :	4 793 m ²	4 793 m ²	2 919 m ²				
	MWh/an :	1 678	1 917	934				








* 5 m² par installation pour un chauffe-eau solaire

10 m² par installation pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire

40 m² par installation en moyenne pour l'eau chaude solaire collective

Sources : AXENNE

Figure 17 : potentiel théorique pour les installations solaires thermiques

INSTALLATIONS PHOTOVOLTAIQUES GISEMENTS NETS HORS CONTRAINTES (patrimoniales et techniques)									TOTAL
		MAISON INDIVIDUEL*	BATIMENT COLLECTIF**	GRANDS BATIMENTS	BATIMENT INDUSTRIEL	CENTRALE PHOTOVOLTAÏQUE	MOBILIER URBAIN	OMBRIERES DE PARKING	
dans l'existant	nombre :	171 176	13 321	802	8 605	2	1 000	374 400	193 906 13 723 055 m ² 992 788 MWh/an
	surface totale :	5 135 289 m ²	2 664 231 m ²	492 523 m ²	4 231 011 m ²	1 200 000 m ²	1 000 m ²	374 400 m ²	
	MWh/an :	449 338	170 625	26 681	208 296	105 000	88	32 760	
sur le neuf par an	nombre :	888	180						62 678 m ² 4 696 MWh/an
	surface totale :	26 637 m ²	36 041 m ²						
	MWh/an :	2 331	2 365						

* 3 kWc par installation dans l'habitat

** 20 kWc par installation en collectif

Sources : AXENNE

Figure 18 : potentiel théorique pour les installations solaires photovoltaïques

6.2. TABLEAU RECAPITULATIF GENERAL

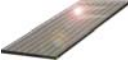

Bilan des gisements d'énergies renouvelables	Gisement identifié sur l'existant (nb d'inst.)	Gisement identifié sur l'existant	Gisement identifié sur l'existant (MWh/an)	Gisement identifié sur le neuf (nb d'inst./an)	Gisement identifié sur le neuf	Gisement identifié sur le neuf (MWh/an)
Solaire thermique						
 CESI	188 334	941 669 m ²	329 584 MWh/an	959	4 793 m ²	1 678 MWh/an
SSC	7 335	73 348 m ²	29 339 MWh/an	479	4 793 m ²	1 917 MWh/an
CESC dans l'habitat collectif	1 194	47 770 m ²	15 287 MWh/an	73	2 919 m ²	934 MWh/an
CESC hors habitat	324	18 510 m ²	7 404 MWh/an			
Chauffage de l'eau des piscines	79	15 791 m ²	4 737 MWh/an			
Industries	30	1 492 m ²	478 MWh/an			
Sous-total solaire thermique :	197 296	1 098 580 m²	386 829 MWh/an	1 511	12 506 m²	4 529 MWh/an
Photovoltaïque						
 Maison individuelle	171 176	513 529 kW	449 338 MWh/an	888	2 664 kW	2 331 MWh/an
Habitat collectif	13 321	115 074 kW	170 625 MWh/an	180	2 703 kW	2 365 MWh/an
Bâtiments (publics, privés)	802	30 907 kW	26 681 MWh/an			
Industrie	8 605	260 370 kW	208 296 MWh/an			
Ombrière de parking		37 440 kW	32 760 MWh/an			
Centrale au sol	2	120 000 kW	105 000 MWh/an			
Mobilier urbain	1 000	100 kW	88 MWh/an			
Sous-total photovoltaïque :	194 906	1 077 420 kW	992 788 MWh/an	1 068	5 367 kW	4 696 MWh/an

Tableau 25 : Bilan global des gisements nets identifiés sur le territoire pour les filières solaires

Le gisement net global sur l'existant représente un potentiel de 386 GWh/an pour le solaire thermique et 989 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 5GWh/an que ce soit pour le solaire thermique que pour le photovoltaïque ; « dans le neuf » signifie que chaque année, un tel gisement peut être mis en place. 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 sont pas renouvelées chaque année.

7. GISEMENTS PLAUSIBLES A L'HORIZON 2020 & 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.

7.1. LES HYPOTHESES

Pour chaque filière, des objectifs ont été calculés 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).

7.1.1. 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 presque nuls 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.

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.

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.

Le choix des objectifs a été réalisé en fonction du nombre d'installations réalisées en 2007 (état actuel de la filière) et de l'impact de l'augmentation de la filière des installations sur l'existant a sur la filière globale (neuf + existant).

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 50% des piscines a été retenu (ce qui revient à solariser 40 piscines).

7.1.2. 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 et eau chaude sanitaire) de plus en plus contraignante⁵, 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 50kWh/m².an.



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 2007	S totale 2007 (m ²)	nb total en 2007 seulement	nb/an sur l'existant jusqu'en 2030	% du gisement sur l'existant en 2030	% du gisement en 2020	% du gisement en 2030	nb total sur le neuf à fin 2030
CESI	500	2 500	468	819	10%	62%	78%	17 140
SSC	180	1 800	155	128	40%	16%	9%	837
CESC dans l'habitat collectif	5	2 821	3	31	60%	28%	47%	786
CESC hors habitat	6	88	3	7	50%	58%	62%	17 860
Piscines	1	0	0		100%			
Industrie	8	359	6	1	60%	16%	30%	202

Représente le nombre d'installations à réaliser chaque année jusqu'en 2030

Représente le pourcentage d'équipement sur le parc existant de 2007 à fin 2030.

Représente le pourcentage global du gisement équipé fin 2020 et fin 2030. 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 2030.

⁵ 50kWh/m².an pour le label BBC

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

Solaire thermique neuf :

Nature	Cible_par_a n_neuf	m²/nb	2007	2020	2030
			Ratio_equip_2007	Ratio_equip_2020	Ratio_equip_2030
CESI	959	5,0	0,15	1,00	1,00
SSC	479	10	0,29	0,00	0,00
CESC dans l'habitat collectif	73	564	0,02	0,50	0,70
CESC hors habitat	1 262	15	0,00	0,50	0,80
Haute température pour l'indu	30	45	0,10	0,20	0,70

Nature	Nb instal.	Nb instal.	Nb instal.
	2007	2020	2030
CESI	140	959	959
SSC	140	0	0
CESC dans l'habitat collectif	2	36	51
CESC hors habitat	2	631	1010
Haute température pour l'industrie	3	6	21

Solaire thermique existant :

Nature	Cible totale existante	2007	2014	2020	2030
		Ratio_equip_tot_2007	Ratio_equip_tot_2014	Ratio_equip_tot_2020	Ratio_equip_tot_2030
CESI	188 334	0,00	0,01	0,04	0,10
SSC	7 335	0,02	0,09	0,27	0,40
CESC dans l'habitat collectif	1 194	0,00	0,05	0,42	0,60
CESC hors habitat	324	0,02	0,08	0,30	0,50
Piscine	79	0,01	0,10	0,63	1,00
Entreprise / industrie	30	0,27	0,30	0,33	0,60

Nature	Nb instal tot	Nb instal. tot.	Nb instal. tot.	Nb instal. tot.
	2007	2014	2020	2030
CESI	500	2 225	8 000	18 833
SSC	180	658	2 000	2 934
CESC dans l'habitat collectif	5	60	500	717
CESC hors habitat	6	27	97	162
Piscine	1	8	50	79
Entreprise / industrie	8	9	10	18

7.1.3. 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 énergétique du bâtiment), d'autre part cela permettra de tendre petit à petit vers des bâtiments à énergie positive.

BILAN PV :

	nb total en 2007	P total 2007 (kWc)	nb total en 2007 seulement	nb/an sur l'existant jusqu'en 2030	% du gisement sur l'existant en 2020	% du gisement en 2020	% du gisement en 2030	nb total sur le neuf à fin 2030
PV ind	250	750	147	1116	15%	57%	75%	15 359
PV coll	19	330						
<i>dont habitat collectif</i>	8	86	5	58	10%	50%	70%	2 880
<i>dont installations collectives</i>	8	130	3	15	50%	49%	69%	40 688
<i>dont industrie</i>	3	114	1	76	20%	55%	75%	480
Centrale au sol								2

Photovoltaïque neuf

Nature	Cible_par_a n_neuf	kWc/nb	Ratio_equipe_2007	Ratio_equipe_2020	Ratio_equipe_2030
<i>Maison</i>	888	3,0	0,05	1,00	1,00
<i>Logements</i>	180	10,8	0,02	0,90	1,00
Bâtiment collectif	2 566	16,3	0,00	0,90	1,00
Bâtiment industriel	28	38,0	0,02	1,00	1,00

Nature	Nb instal. 2007	Nb instal. 2020	Nb instal. 2030
<i>Maison</i>	44	888	888
<i>Logements</i>	4	162	180
Bâtiment collectif	2	2310	2566
Bâtiment industriel	1	28	28

Photovoltaïque existant

Nature	Cible totale existante	kWc/nb	Ratio_equip_tot_2007	Ratio_equip_tot_2020	Ratio_equip_tot_2030
<i>Maison</i>	171 176	3,0	0,00	0,05	0,15
<i>Logements</i>	13 321	10,8	0,00	0,02	0,10
Bâtiment collectif	668	16,3	0,01	0,20	0,50
Bâtiment industriel	8 715	38,0	0,00	0,01	0,20

Nature	Nb instal tot 2007	Nb. Instal. tot 2020	Nb. Instal. tot 2030
<i>Maison</i>	175	8559	25676
<i>Logements</i>	2	266	1332
Bâtiment collectif	2	134	334
Bâtiment industriel	1	87	1743

7.2. 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 2020 ou 2030.

Il est ici présenté à l'horizon 2020 puis 2030 avec les objectifs déterminés ci-dessus pour toutes les filières.

2020

	Proposition d'un objectif en % du gisement identifié						Réalisation à fin 2007	Réalisation entre 2007 2020	Réalisations par an entre 2007 2020	Production totale en 2020	t CO ₂ évité /an en 2020
	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
Solaire thermique											
CESI	4%	8 000	14 000 MWh/an	62%	592	1 036 MWh/an		27 464	1 207		3 021
SSC	27%	2 000	8 000 MWh/an	16%	75	300 MWh/an		11 906	229		2 738
CESC dans l'habitat collectif	42%	500	6 400 MWh/an	28%	20	262 MWh/an		9 803	59		1 372
CESC hors habitat	30%	97	2 221 MWh/an	58%	728	0 MWh/an					0
Chauffage de l'eau des piscines	25%	20	1 184 MWh/an					1 184	2		166
Entreprises et industries	33%	10	160 MWh/an								0
Sous-total solaire thermique :		10 627	31 965 MWh/an		1 416	1 598 MWh/an	2 307	50 358	2 233	52 665	7 649
Photovoltaïque											
Maison individuelle	5%	8 559	22 467 MWh/an	57%	502	1 317 MWh/an		39 592	1 160		10 294
Habitat collectif	2%	266	3 413 MWh/an	50%	89	1 174 MWh/an		18 681	110		4 857
Installations collectives	20%	160	5 336 MWh/an	49%	0	0 MWh/an		5 336	12		1 387
Industrie	1%	86	2 083 MWh/an	55%	0	0 MWh/an		2 083	7		542
Ombrière de parking	50%		16 380 MWh/an								
Grande centrale	100%	2	105 000 MWh/an					105 000			
Mobilier urbain	100%	1 000	88 MWh/an								
Sous-total solaire photovoltaïque :		10 074	154 766 MWh/an		591	2 492 MWh/an	227	170 692	1 366	170 919	17 211

2030

	Proposition d'un objectif en % du gisement identifié						Réalisation à fin 2007	Réalisation entre 2007 et 2030	Réalisations par an entre 2007 et 2030	Production totale en 2030	t CO ₂ évité/an en 2030
	SUR L'EXISTANT			SUR LE NEUF (réalisation par an)			MWh/an	MWh/an	nb/an	MWh/an	t CO ₂
	%	nb d'inst.	MWh/an	%	nb d'inst.	MWh/an					
Solaire thermique											
CESI	10%	18 833	32 958 MWh/an	62%	592	1 036 MWh/an		56 779	1 411		6 246
SSC	40%	2 934	11 736 MWh/an	16%	75	300 MWh/an		18 646	203		4 289
CESC dans l'habitat collectif	60%	717	9 172 MWh/an	28%	20	262 MWh/an		15 193	52		2 127
CESC hors habitat	50%	162	3 702 MWh/an					3 702			518
Chauffage de l'eau des piscines	50%	40	2 369 MWh/an					2 369			332
Entreprises et industries	60%	18	287 MWh/an					287			40
Sous-total solaire thermique :		22 703	60 223 MWh/an		687	1 598 MWh/an	2 307	96 976	1 674	99 283	13 903
Photovoltaïque											
Maison individuelle	15%	25 676	67 401 MWh/an	57%	502	1 317 MWh/an		97 699	1 618		25 402
Habitat collectif	10%	1 332	17 063 MWh/an	50%	89	1 174 MWh/an		44 076	147		11 460
Installations collectives	50%	401	13 340 MWh/an					13 340	17		3 468
Industrie	20%	1 721	41 659 MWh/an					41 659	75		10 831
Ombrière de parking	100%		32 760 MWh/an					32 760			8 518
Grande centrale	100%	2	105 000 MWh/an					105 000			27 300
Mobilier urbain	100%	1 000	88 MWh/an					88	43		23
Sous-total solaire photovoltaïque :		29 133	277 223 MWh/an		591	2 492 MWh/an	227	334 535	1 858	334 762	87 110

Les installations envisagées sur l'existant pourront être réalisées sur vingt trois ans (période fin 2007 – fin 2030)⁷. Les réalisations envisagées sur les constructions neuves se répètent chaque année.

Ainsi, pour les CESI, 592 installations sont réalisées par an pendant 23 ans (période 2007 – 2030) sur les habitations neuves et 18 833 installations sont également réalisées sur l'existant sur cette même période ; la production atteinte est alors indiquée dans la colonne « réalisation entre 2007 et 2030 » :

$$56\,779 \text{ MWh/an} = 32\,958 \text{ MWh/an}_{\text{existant}} + 1\,036 \text{ MWh/an}_{\text{neuf}} \times 23 \text{ ans (aux arrondis près)}$$

La colonne « Production totale en 2030 » présente la production totale d'énergie à partir des installations énergies renouvelables à la fin de l'année 2030 : sont additionnées les productions d'énergie à partir des installations existantes et de celles à réaliser (gisements nets).

Cet outil, dont le tableau à l'horizon 2030 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 2007 alors que nous sommes aujourd'hui début 2010. Les prochaines installations se feront donc en 2010 et non en 2008 comme indiqué dans le tableau. Cependant, le bilan a été réalisé à fin 2007, et on peut penser que les installations qui se sont faites entre fin 2007 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.