

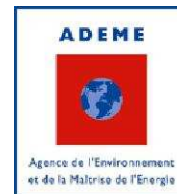
# **Énergies renouvelables en Nord-Pas de Calais Quel gisement et quels modèles de développement ?**

## **LOT N°1 : IDENTIFICATION ET QUANTIFICATION DES POTENTIALITES DU TERRITOIRE EN MATIERE DE PRODUCTION D'ENERGIE D'ORIGINE RENOUVELABLE**

OCTOBRE 2010



**MAITRES D'OUVRAGE** **Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie**  
20, rue du prieuré  
Centre Tertiaire de l'Arsenal  
59 500 DOUAI



**Conseil Régional Nord-Pas-de-Calais**  
151, avenue du Président Hoover  
59 555 LILLE Cedex



**PRESTATAIRE** **AXENNE**  
73 cours Albert Thomas  
69 003 LYON  
Tél. : 04 37 44 15 80



|    |  |          |           |  |
|----|--|----------|-----------|--|
|    |  |          |           |  |
| V1 |  | Création | C.BOUGARD |  |
|    |  |          |           |  |
|    |  |          |           |  |

# SOMMAIRE

|                                                                 |           |
|-----------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>ETAT DES LIEUX DE LA PRODUCTION D'ENERGIES RENOUVELABLES</b> | <b>8</b>  |
| <b>1. BILAN DES INSTALLATIONS A FIN 2009</b>                    | <b>8</b>  |
| 1.1. SOLAIRE THERMIQUE                                          | 8         |
| 1.2. PHOTOVOLTAÏQUE                                             | 8         |
| 1.3. HYDROELECTRICITE                                           | 8         |
| 1.4. BOIS ENERGIE                                               | 9         |
| 1.5. ÉOLIEN                                                     | 9         |
| 1.6. METHANISATION                                              | 9         |
| 1.7. GEOTHERMIE                                                 | 10        |
| 1.8. AEROTHERMIE                                                | 10        |
| 1.9. INCINERATION DES ORDURES MENAGERES                         | 10        |
| 1.10. BILAN                                                     | 10        |
| <b>2. POSITIONNEMENT DE LA REGION</b>                           | <b>13</b> |
| <b>LE POTENTIEL DE PRODUCTION D'ENERGIES RENOUVELABLES</b>      | <b>15</b> |
| <b>3. HYPOTHESES ET NOTE METHODOLOGIQUE</b>                     | <b>15</b> |
| 3.1. LES GISEMENTS NETS                                         | 15        |
| 3.2. LES GISEMENTS PLAUSIBLES                                   | 16        |
| <b>4. LES DONNEES SOCIO-ECONOMIQUES</b>                         | <b>19</b> |
| 4.1. LES CARACTERISTIQUES DE L'HABITAT                          | 19        |
| 4.2. LA DYNAMIQUE DU LOGEMENT                                   | 24        |
| 4.3. LE REVENU FINANCIER DES MENAGES                            | 25        |
| <b>5. L'ANALYSE CARTOGRAPHIQUE</b>                              | <b>26</b> |
| 5.1. TYPOLOGIE DES BATIMENTS                                    | 26        |
| <b>6. LES FILIERES SOLAIRES</b>                                 | <b>29</b> |
| 6.1. LA RESSOURCE SOLAIRE                                       | 29        |
| 6.2. LES CONTRAINTES TECHNIQUES ET REGLEMENTAIRES               | 33        |
| 6.3. LES CONTRAINTES D'EXPOSITION ET D'ORIENTATION              | 35        |
| 6.4. SYNTHESE DES CONTRAINTES PATRIMONIALES ET D'ENSOLEILLEMENT | 36        |
| 6.5. LES POTENTIELS NETS DES FILIERES SOLAIRES THERMIQUES       | 37        |
| 6.6. LES POTENTIELS PLAUSIBLES DES FILIERES SOLAIRES THERMIQUES | 48        |
| 6.7. LES POTENTIELS NETS DES FILIERES PHOTOVOLTAÏQUES           | 53        |
| 6.8. LES POTENTIELS PLAUSIBLES DES FILIERES PHOTOVOLTAÏQUES     | 60        |

|                                                                              |            |
|------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 6.9. TABLEAU RECAPITULATIF GENERAL                                           | 62         |
| <b>7. LE BOIS ENERGIE</b>                                                    | <b>64</b>  |
| 7.1. LA RESSOURCE BOIS ENERGIE                                               | 64         |
| 7.2. LES POTENTIELS NETS DES INSTALLATIONS AU BOIS                           | 74         |
| 7.3. LES POTENTIELS PLAUSIBLES DES INSTALLATIONS BOIS                        | 80         |
| 7.4. TABLEAU RECAPITULATIF GENERAL                                           | 82         |
| <b>8. LA METHANISATION</b>                                                   | <b>84</b>  |
| 8.1. DECHETS ORGANIQUES EN PROVENANCE DES EXPLOITATIONS AGRICOLES            | 85         |
| 8.2. DECHETS ORGANIQUES EN PROVENANCE DES INDUSTRIES AGRO-ALIMENTAIRES       | 88         |
| 8.3. BOUES DE STATIONS D'EPURATION                                           | 90         |
| 8.4. GISEMENTS NETS DE LA FILIERE METHANISATION                              | 91         |
| 8.5. DEVELOPPEMENT DE PROJETS                                                | 91         |
| 8.6. LES GISEMENTS PLAUSIBLES POUR LA METHANISATION                          | 93         |
| <b>9. LA GEOTHERMIE</b>                                                      | <b>94</b>  |
| 9.1. PRESENTATION DE LA GEOTHERMIE                                           | 94         |
| 9.2. GEOTHERMIE BASSE ET TRES BASSE ENERGIE                                  | 95         |
| 9.3. GEOTHERMIE SUR CAPTEURS HORIZONTAUX                                     | 98         |
| 9.4. LES CONTRAINTES ET RISQUES LIES A LA GEOTHERMIE                         | 99         |
| 9.5. LE POTENTIEL NET                                                        | 103        |
| 9.6. SYNTHESE DES GISEMENTS NETS POUR LES INSTALLATIONS GEOTHERMIQUES        | 106        |
| 9.7. LES POTENTIELS PLAUSIBLES DES FILIERES GEOTHERMIQUES                    | 107        |
| <b>10. L'EOLIEN</b>                                                          | <b>109</b> |
| 10.1. LE GISEMENT EOLIEN                                                     | 109        |
| 10.2. LE POTENTIEL PLAUSIBLE POUR DES PARCS EOLIENS                          | 110        |
| <b>11. L'HYDROELECTRICITE</b>                                                | <b>111</b> |
| 11.1. LES GISEMENTS NETS                                                     | 111        |
| 11.2. LES GISEMENTS PLAUSIBLES EN HYDROELECTRICITE                           | 111        |
| <b>12. LES FILIERES INNOVANTES</b>                                           | <b>112</b> |
| 12.1. LA RECUPERATION DE LA THERMIE DES EAUX USEES                           | 112        |
| 12.2. L'ENERGIE DE LA MER                                                    | 124        |
| <b>13. SYNTHESE DES GISEMENTS NETS</b>                                       | <b>130</b> |
| <b>14. SYNTHESE DES POTENTIELS PLAUSIBLES EN 2020 (HORS AGRO-CARBURANTS)</b> | <b>131</b> |
| <b>15. PROPOSITION D'UN MIX ENERGETIQUE</b>                                  | <b>133</b> |
| 15.1. RAPPEL DE LA PRODUCTION DES ENRS A FIN 2009                            | 133        |
| 15.2. REPARTITION DE LA PRODUCTION DES ENRS EN 2020                          | 133        |



|                                                                         |            |
|-------------------------------------------------------------------------|------------|
| 15.3. PERSPECTIVE DE DEVELOPPEMENT DES FILIERES A L'HORIZON 2020        | 134        |
| <b>16. CONCLUSION</b>                                                   | <b>135</b> |
| <b>A.1 REJETS DE CO2 EVITES PAR LES FILIERES ENERGIES RENOUVELABLES</b> | <b>136</b> |

# TABLE DES ILLUSTRATIONS

|                                                                                                                                                                         |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figure 1. Répartition des logements par type (Insee, RP 2006) .....                                                                                                     | 20  |
| Figure 2. Mode de chauffage des logements du Nord-Pas-de-Calais (Insee, RP 2006) .....                                                                                  | 21  |
| Figure 3. hypothèse sur le mode de chauffage de l'eau chaude sanitaire en fonction du chauffage de l'habitation .....                                                   | 23  |
| Figure 4. nombre de logements construits chaque année entre 1975 et 2006 (source : Insee RPG 1999 et 2006) .....                                                        | 24  |
| Figure 5. hypothèse sur la démographie en 2030 (source : Insee - Omphale).....                                                                                          | 25  |
| Figure 6 : Répartition des surfaces de toiture par type de bâtiment et de toiture.....                                                                                  | 28  |
| Figure 7. Courbes mensuelles de température et ensoleillement à Lille .....                                                                                             | 30  |
| Figure 8. Compartiments de l'arbre (IFN, FCBA, Solagro) .....                                                                                                           | 68  |
| Figure 9. Relations entre disponibilités brutes, nettes et supplémentaires (IFN, FCBA, Solagro) .....                                                                   | 68  |
| Figure 10. Filières de gestion des boues .....                                                                                                                          | 90  |
| Figure 11. Principales utilisations de la géothermie en fonction des températures de la ressource (Géothermie Perspectives) .....                                       | 94  |
| Figure 12. Installation de géothermie basse énergie (ADEME, BRGM).....                                                                                                  | 95  |
| Figure 13. Géothermie sur capteurs horizontaux, capteurs verticaux, et sur aquifère superficiel (ADEME).....                                                            | 95  |
| Figure 14. Récupération de l'énergie des eaux usées (Source: Gestion et services publics, Suisse).....                                                                  | 112 |
| Figure 15. Principe de fonctionnement de la récupération de chaleur des eaux usées sur les canalisations (Source : Susanne Staubli) .....                               | 113 |
| Figure 16. Canalisation préfabriquée avec échangeur de chaleur intégré .....                                                                                            | 113 |
| Figure 17. Échangeur installé dans un ovoïde existant (Procédé Rabtherm), échangeur pour collecteur existant (Procédé Uhrig).....                                       | 113 |
| Figure 18. Schéma de principe de la récupération de chaleur sur eaux usées au niveau du bâtiment.....                                                                   | 118 |
| <br>                                                                                                                                                                    |     |
| Carte 1. Ensoleillement moyen annuel sur la région Nord-Pas-de-Calais [kWh/m².an] .....                                                                                 | 30  |
| Carte 2. Ensoleillement moyen en décembre sur la région Nord-Pas-de-Calais [Wh/m².jour] .....                                                                           | 31  |
| Carte 3. Ensoleillement moyen en juillet sur la région Nord-Pas-de-Calais [Wh/m².jour].....                                                                             | 31  |
| Carte 4. les enjeux du patrimoine bâti pour les installations solaires (thermiques et photovoltaïques) .....                                                            | 35  |
| Carte 5. Peuplements forestiers du Nord-Pas-de-Calais (IGN, Corine Land Cover 2006).....                                                                                | 65  |
| Carte 6. Régions forestières du Nord et principales caractéristiques (IFN) .....                                                                                        | 66  |
| Carte 7. Régions forestières du Pas de Calais et principales caractéristiques (IFN).....                                                                                | 67  |
| Carte 8. Le cadre géologique des ressources géothermiques en France (BRGM) .....                                                                                        | 96  |
| Carte 9. Principales nappes aquifères de la région (BRGM).....                                                                                                          | 96  |
| Carte 10. Potentiel thermique de capteurs géothermiques horizontaux [W/m²] (EUSOILS).....                                                                               | 98  |
| Carte 11. Aire d'alimentation des captages prioritaires pour la protection de la ressource en eau potable (SDAGE Artois-Picardie) .....                                 | 99  |
| Carte 12. Zone de Répartition des Eaux en Nord-Pas-de-Calais (Agence de l'Eau Artois-Picardie).....                                                                     | 100 |
| Carte 13. Zones de vulnérabilité des eaux souterraines (DREAL) .....                                                                                                    | 101 |
| Carte 14. Mouvements de terrain en Nord-Pas-de-Calais .....                                                                                                             | 102 |
| Carte 15. Atlas des zones inondables en Nord-Pas-de-Calais (DREAL) .....                                                                                                | 103 |
| Carte 16. Gisement éolien de la région Nord-Pas-de-Calais à 50m de hauteur [W/m²].....                                                                                  | 109 |
| Carte 17. Secteurs favorables au développement éolien (DREAL Nord-Pas-De-Calais / Bocage / Burgeap- juin 2010) .....                                                    | 110 |
| Carte 18. Gisement net pour des installations de production hydroélectrique (ISL - Evaluation du potentiel hydroélectrique des districts Escaut et Sambre - 2008) ..... | 111 |

|                                                                                                                                      |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tableau 1. Positionnement du territoire en 2009 et 2020 vis-à-vis des objectifs du Grenelle de l'environnement .....                 | 14  |
| Tableau 2 : Répartition des surfaces de toiture par type de bâtiment et de toiture.....                                              | 27  |
| Tableau 3. Données mensuelles d'ensoleillement et de température à Lille .....                                                       | 29  |
| Tableau 4 : Surface de toiture sans aucune contrainte .....                                                                          | 37  |
| Tableau 5 : Temps de retour sur investissement de l'eau chaude solaire pour l'habitat .....                                          | 37  |
| Tableau 6 : Gisement net pour les chauffe-eau solaires individuels sur le parc des maisons existantes.....                           | 38  |
| Tableau 7 : Gisement net pour les chauffe-eau solaires individuels sur le parc des maisons neuves .....                              | 39  |
| Tableau 8 : Temps de retour sur investissement du chauffage solaire pour l'habitat.....                                              | 39  |
| Tableau 9 : Gisement net pour les systèmes solaires combinés dans les maisons existantes.....                                        | 40  |
| Tableau 10 : Gisement net pour les systèmes solaires combinés sur des maisons neuves .....                                           | 41  |
| Tableau 11 : Temps de retour sur investissement de l'eau chaude solaire pour les logements collectifs .....                          | 41  |
| Tableau 12 : Gisement net pour les chauffe-eau solaires collectifs sur le parc de logements collectifs privés existants .....        | 42  |
| Tableau 13 : Gisement net pour les chauffe-eau solaires collectifs sur le parc de logements collectifs publics existants .....       | 43  |
| Tableau 14 : Gisement net pour les chauffe-eau solaires collectifs sur des immeubles de logements neufs.....                         | 43  |
| Tableau 15 : Gisement net pour les chauffe-eau solaires sur des bâtiments publics existants .....                                    | 44  |
| Tableau 16 : Gisement net pour les chauffe-eau solaires sur des bâtiments publics neufs .....                                        | 45  |
| Tableau 17 : Gisement net pour les installations solaires sur les piscines existantes .....                                          | 46  |
| Tableau 18 : Gisement net pour le solaire thermique dans l'industrie.....                                                            | 46  |
| Tableau 19 : Temps de retour sur investissement d'une installation photovoltaïque pour différents maîtres d'ouvrage .....            | 53  |
| Tableau 20 : Gisement net des installations photovoltaïques sur les maisons.....                                                     | 54  |
| Tableau 21 : Gisement net pour les installations photovoltaïques sur les immeubles existants .....                                   | 55  |
| Tableau 22 : Gisement net pour les installations photovoltaïques sur les immeubles neufs .....                                       | 56  |
| Tableau 23 : Gisement net pour les installations photovoltaïques sur les grands bâtiments existants .....                            | 57  |
| Tableau 24 : Gisement net pour les installations photovoltaïques sur les grands bâtiments neufs .....                                | 58  |
| Tableau 25. Disponibilité brute forestière par type de produit (IFN, FCBA, Solagro) .....                                            | 69  |
| Tableau 26. Disponibilité populicole brute par type de produit sur la période 2006-2020 (IFN, FCBA, Solagro).....                    | 69  |
| Tableau 27. Disponibilité brute annuelle en haies par type de produit (IFN, FCBA, Solagro).....                                      | 69  |
| Tableau 28. Disponibilités technico-économique nettes par type de peuplement (IFN, FCBA, Solagro) .....                              | 70  |
| Tableau 29. Disponibilité supplémentaire par type de ressource (IFN, FCBA, Solagro).....                                             | 70  |
| Tableau 30. Entreprises de la filière bois dans le Nord-Pas de Calais (CCI).....                                                     | 72  |
| Tableau 31. Gisement brut de bois énergie par type de ressource.....                                                                 | 73  |
| Tableau 32 : Gisement net pour les équipements de poêles et inserts .....                                                            | 74  |
| Tableau 33 : Temps de retour sur investissement des chaudières automatiques au bois dans l'habitat.....                              | 75  |
| Tableau 34 : Gisement net pour les chaudières automatiques au bois dans les maisons.....                                             | 76  |
| Tableau 35 : Gisement global pour les installations de bois-énergie sur une partie des bâtiments collectifs.....                     | 77  |
| Tableau 36. Effectifs animaux des exploitations agricoles en fin d'année 2008 (Agreste, SAA) .....                                   | 85  |
| Tableau 37. Gisement brut de matière méthanisable par type d'élevage et d'effluent.....                                              | 86  |
| Tableau 38. Potentiel méthanogène de différents intrants (Compilation de plusieurs sources, dont ADEME) ....                         | 86  |
| Tableau 39. Production de résidus de culture et taux de retour au sol.....                                                           | 87  |
| Tableau 40. Surfaces de cultures et tonnage brut mobilisable de résidus de cultures (Agreste) .....                                  | 87  |
| Tableau 41. Potentiel méthanogène de différents intrants (Compilation de plusieurs sources, dont Méthasim).....                      | 88  |
| Tableau 42. Exemples de déchets d'Industries Agro Alimentaires selon leur activité .....                                             | 89  |
| Tableau 43. Entreprises agro-alimentaires par activité (Annuaire agroalimentaire du Nord-Pas-de-Calais) .....                        | 89  |
| Tableau 44. Synthèse des ressources de matière mobilisable pour des projets de méthanisation.....                                    | 91  |
| Tableau 45. Calendrier d'un projet de méthanisation (Solagro).....                                                                   | 91  |
| Tableau 46 : Gisement net pour les installations géothermiques (capteurs verticaux) dans les maisons existantes .....                | 104 |
| Tableau 47 : Gisement net pour les installations géothermiques (capteurs horizontaux) sur des maisons neuves .....                   | 104 |
| Tableau 48 : Gisement net pour les installations géothermiques sur nappe sur des immeubles neufs.....                                | 105 |
| Tableau 49. Contraintes et recommandations sur les bâtiments alimentés par la chaleur des eaux usées.....                            | 115 |
| Tableau 50. Contraintes et recommandations sur les canalisations d'eaux usées .....                                                  | 116 |
| Tableau 51 : Gisement net pour la récupération de chaleur des eaux usées sur le parc de logements collectifs privés existants .....  | 122 |
| Tableau 52 : Gisement net pour la récupération de chaleur des eaux usées sur le parc de logements collectifs publics existants ..... | 123 |
| Tableau 53. Gisement net pour les installations de récupération de chaleur des eaux usées sur le parc de logements neufs.....        | 123 |

# ETAT DES LIEUX DE LA PRODUCTION D'ENERGIES RENOUVELABLES

## 1. BILAN DES INSTALLATIONS A FIN 2009

### 1.1. SOLAIRE THERMIQUE

Le tableau ci-dessous synthétise les caractéristiques des installations solaires thermiques par type à fin 2009.

| Type d'installation | Nombre | Surface (m²) | Production (MWh/an) |
|---------------------|--------|--------------|---------------------|
| CESI                | 1 227  | 7 984        | 2 994               |
| SSC                 | 375    | 3 972        | 1 589               |
| CESC                | 61     | 4 494        | 1 896               |
| Total               | 1 663  | 16 450       | 6 479               |

CESI : Chauffe-eau solaire individuel – SSC : Système solaire combiné  
CESC : Chauffe-eau solaire collectif

Les chauffe-eau solaires individuels représentent la majeure partie des installations solaires. Les systèmes collectifs sont peu nombreux, mais représentent tout de même 30% de la production solaire thermique.

### 1.2. PHOTOVOLTAÏQUE

Le tableau ci-dessous synthétise les caractéristiques des installations photovoltaïques à fin 2009.

| Type d'installation | Nombre | Surface (m²) | Puissance (kWc) | Production (MWh/an) |
|---------------------|--------|--------------|-----------------|---------------------|
| Individuel          | 1 209  | 28 525       | 3 423           | 2 995               |
| Collectif           | 102    | 30 127       | 3 615           | 3 163               |
| Total               | 1 311  | 58 652       | 7 038           | 6 158               |

Les installations individuelles sont dix fois plus nombreuses que les installations collectives, mais présentent une production annuelle similaire.

### 1.3. HYDROELECTRICITE

Cinq installations d'hydroélectricité sont recensées sur la région, pour une puissance totale de 354kW et une production annuelle de 1 854MWh.

## 1.4. BOIS ENERGIE

### LES APPAREILS INDEPENDANTS : POELES, INSERTS, FOYERS FERMES, FOYERS OUVERTS (CHEMINEES)

Il est très difficile d'estimer le nombre d'appareils indépendants au bois des particuliers et la quantité d'énergie produite. Il faut comptabiliser d'une part les ménages qui utilisent le bois énergie comme énergie de chauffage en appoint et d'autre part les ménages qui utilisent le bois énergie comme énergie de chauffage principale.

Une approche consiste à se baser sur deux sources :

- pour les logements qui utilisent le chauffage au bois en appoint à une énergie principale, l'étude ADEME sur les modes de chauffage en région indique que 23% des ménages utilisent le bois comme mode de chauffage d'appoint (poêles, cheminées, inserts).
- pour les logements qui utilisent le chauffage au bois comme énergie principale, les chiffres du recensement INSEE de 1999<sup>1</sup> donne le mode de chauffage des logements à l'échelle de la commune. La catégorie correspondante est intitulée « Charbon - bois » ; on prend alors l'hypothèse que 50% de ces ménages utilisent le bois et 50% le charbon.

Ainsi, la production des appareils indépendants représenterait 1 941 496 MWh/an.

### LES CHAUDIERES BOIS COLLECTIVES

On dénombre 48 chaufferies bois collectives sur la région, pour une puissance totale de 51 098 kW et une production annuelle de 239 470 MWh/an.

## 1.5. ÉOLIEN

La région compte dix-neuf parcs éoliens, d'une puissance totale de 299,4 MW et produisant annuellement 748 375 MWh.

## 1.6. METHANISATION

15 installations de méthanisation sont actuellement en fonctionnement. Trois types d'installations sont présentes sur le territoire :

- les installations de méthanisation à la ferme,
- les installations de méthanisation collective (boue de station d'épuration),
- les installations de méthanisation pour l'industrie agroalimentaire.

Pour des raisons de confidentialité, tous les maîtres d'ouvrages n'ont pas souhaité répondre à nos sollicitations sur la production de leur installation ; les cinq installations sur lesquelles nous avons une information de production cumulent un total de 62,7 MWh/an de production thermique et 2,97 MWh/an de production électrique.

---

<sup>1</sup> Le recensement de 2006 ne fait plus de distinction entre les logements chauffés au charbon, au bois ou avec des équipements indépendants mobiles (poêles au fioul, les radiateurs électriques mobiles, etc.). Tout est regroupé dans la catégorie « autre chauffage ».

## 1.7. GEOTHERMIE

Le nombre d'installations de pompes à chaleur géothermiques sur les maisons individuelles est estimé grâce à l'étude du marché de la PAC, réalisée par l'AFPAC au niveau national.

Le nombre de pompes à chaleur vendues est rapporté au nombre de maisons individuelles du Nord-Pas-de-Calais (soit 8,8% des maisons françaises, Insee RP 2006).

Ainsi, on estime que 4 605 pompes à chaleur sol/sol et sol/eau ainsi que 4 074 pompes à chaleur eau/eau ont été installées.

A ces installations s'ajoutent les installations collectives sur nappes. Celles-ci sont recensées par le BRGM dans la base de données du sous-sol (données non exhaustives). 181 installations sont renseignées.

Au total, les 8 861 installations géothermiques de la région produiraient 112 414 MWh.

## 1.8. AEROTHERMIE

La même méthodologie est utilisée pour estimer le nombre de pompes à chaleur aérothermiques installées sur la région. Elles seraient au nombre de 21 690 pour une production de 260 280 MWh/an.

## 1.9. INCINERATION DES ORDURES MENAGERES

Il y a quatre usines d'incinération des ordures ménagères avec valorisation énergétique sur la région Nord-Pas-de-Calais.

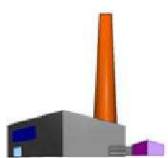
Selon la législation européenne, l'incinération des déchets est reconnue comme source renouvelable à 50%, étant donné que seule la moitié des déchets ménagers est issue de ressources renouvelables (le reste étant souvent des emballages plastiques ou d'autres produits dérivés du pétrole).

Ainsi, ces usines produisent 153 173 MWh/an d'électricité renouvelable et 561 154 MWh/an de chaleur renouvelable.

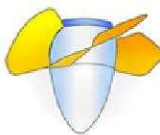
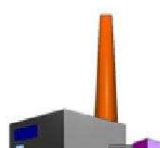
## 1.10. BILAN

Le bilan à la page suivante présente la production d'énergies renouvelables à fin 2009.

Il n'est pas complètement exhaustif puisque la production des filières aérothermies et géothermiques est estimée et toutes les installations de méthanisation ne sont pas intégrées au bilan.

| PRODUCTION DE CHALEUR | Bilan des énergies renouvelables 2009                                                                                                                                                                                      |                                                                                      | Nord-Pas-De-Calais                                                       |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
|                       | <b>Solaire thermique</b><br>nb installations<br>nombre de m <sup>2</sup><br><b>production annuelle (MWh/an)</b><br>équivalent tep/an<br>rejet de CO <sub>2</sub> évité (tCO <sub>2</sub> /an)                              |    | 1 663<br>16 449 m <sup>2</sup><br><b>6 479 MWh/an</b><br>557<br>238      |
|                       | <b>Bois énergie</b><br>nb installations<br>puissance installée (kW)<br>tonne de bois valorisés par an<br><b>production annuelle (MWh/an)</b><br>équivalent tep/an<br>rejet de CO <sub>2</sub> évité (tCO <sub>2</sub> /an) |    | 51<br>51 098 kW<br>70 432 t<br><b>239 470 MWh/an</b><br>20 594<br>64 657 |
|                       | <b>Poêles Cheminées (<i>Estimation</i>)</b><br>tonne de bois valorisés par an<br><b>production annuelle (MWh/an)</b><br>équivalent tep/an<br>rejet de CO <sub>2</sub> évité (tCO <sub>2</sub> /an)                         |    | 525 018<br><b>1 941 496 MWh/an</b><br>166 969<br>524 204                 |
|                       | <b>Géothermie (<i>estimation, non exhaustive</i>)</b><br>nb installations<br><b>production annuelle (MWh/an)</b><br>équivalent tep/an<br>rejet de CO <sub>2</sub> évité (tCO <sub>2</sub> /an)                             |   | 8 861<br><b>112 414 MWh/an</b><br>9668<br>30 352                         |
|                       | <b>Biogaz</b><br>nb de site<br><b>production de chaleur (MWh/an)</b><br>équivalent tep/an<br>rejet de CO <sub>2</sub> évité (tCO <sub>2</sub> /an)                                                                         |  | 5<br><b>62 659 MWh/an</b><br>5 389<br>16 918                             |
|                       | <b>Incinération</b><br>nb de site<br><b>production de chaleur (MWh/an)</b><br>équivalent tep/an<br>rejet de CO <sub>2</sub> évité (tCO <sub>2</sub> /an)                                                                   |  | 4<br><b>561 154 MWh/an</b><br>48 259<br>162 735                          |
|                       | <b>Aérothermie</b><br>nb installations<br><b>production annuelle (MWh/an)</b><br>équivalent tep/an<br>rejet de CO <sub>2</sub> évité (tCO <sub>2</sub> /an)                                                                |  | 21 690<br><b>260 280 MWh/an</b><br>22 384<br>70 276                      |
|                       | <b>TOTAL PRODUCTION THERMIQUE (MWh/an)</b><br><b>production annuelle thermique (MWh/an)</b><br>équivalent tep/an<br>rejet de CO <sub>2</sub> évité (tCO <sub>2</sub> /an)                                                  |                                                                                      | 3 183 951 MWh/an<br>273 820<br>869 379                                   |



|                          |                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                      |                                                                                   |
|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| PRODUCTION D'ELECTRICITE | <b>Hydroélectricité</b><br>nb installations<br>puissance installée (kW)<br><b>production annuelle (MWh/an)</b><br>équivalent tep/an<br>rejet de CO <sub>2</sub> évité (tCO <sub>2</sub> /an)                            |    | 5<br>354 kW<br><b>1 854 MWh/an</b><br>159<br>556                                  |
|                          | <b>Photovoltaïque</b><br>nb installations<br>nombre de m <sup>2</sup><br>puissance installée (kWc)<br><b>production annuelle (MWh/an)</b><br>équivalent tep/an<br>rejet de CO <sub>2</sub> évité (tCO <sub>2</sub> /an) |     | 1311<br>58 652 m <sup>2</sup><br>7 038 kWc<br><b>6 158 MWh/an</b><br>530<br>1 848 |
|                          | <b>Eolien</b><br>nb de parc éolien<br>puissance installée (kW)<br><b>production annuelle (MWh/an)</b><br>équivalent tep/an<br>rejet de CO <sub>2</sub> évité (tCO <sub>2</sub> /an)                                     |     | 19<br>299 350<br><b>748 375 MWh/an</b><br>64 360<br>224 513                       |
|                          | <b>Biogaz</b><br>nb de site<br><b>production d'électricité (MWh/an)</b><br>équivalent tep/an<br>rejet de CO <sub>2</sub> évité (tCO <sub>2</sub> /an)                                                                   |  | 5<br><b>2 974 MWh/an</b><br>256<br>892                                            |
|                          | <b>Incinération</b><br>nb de site<br><b>production d'électricité (MWh/an)</b><br>équivalent tep/an<br>rejet de CO <sub>2</sub> évité (tCO <sub>2</sub> /an)                                                             |  | 4<br><b>153 173 MWh/an</b><br>13 173<br>45 952                                    |
|                          | <b>TOTAL PRODUCTION ELECTRIQUE (MWh/an)</b><br><b>production annuelle électrique (MWh/an)</b><br>équivalent tep/an<br>rejet de CO <sub>2</sub> évité (tCO <sub>2</sub> /an)                                             |                                                                                      | <b>912 534 MWh/an</b><br>78 478<br>273 760                                        |
|                          | <b>Biocarburant</b><br><b>Production annuelle (MWh/an)</b><br>équivalent tep/an                                                                                                                                         |   | <b>923 229 MWh/an</b><br>79 398                                                   |
|                          | <b>TOTAL TOUTES ENERGIES RENOUVELABLES</b><br><b>production annuelle (MWh/an)</b><br>équivalent tep/an<br>rejet de CO <sub>2</sub> évité (tCO <sub>2</sub> /an)                                                         |                                                                                      | <b>5 019 714 MWh/an</b><br>431 695<br>1 143 139                                   |

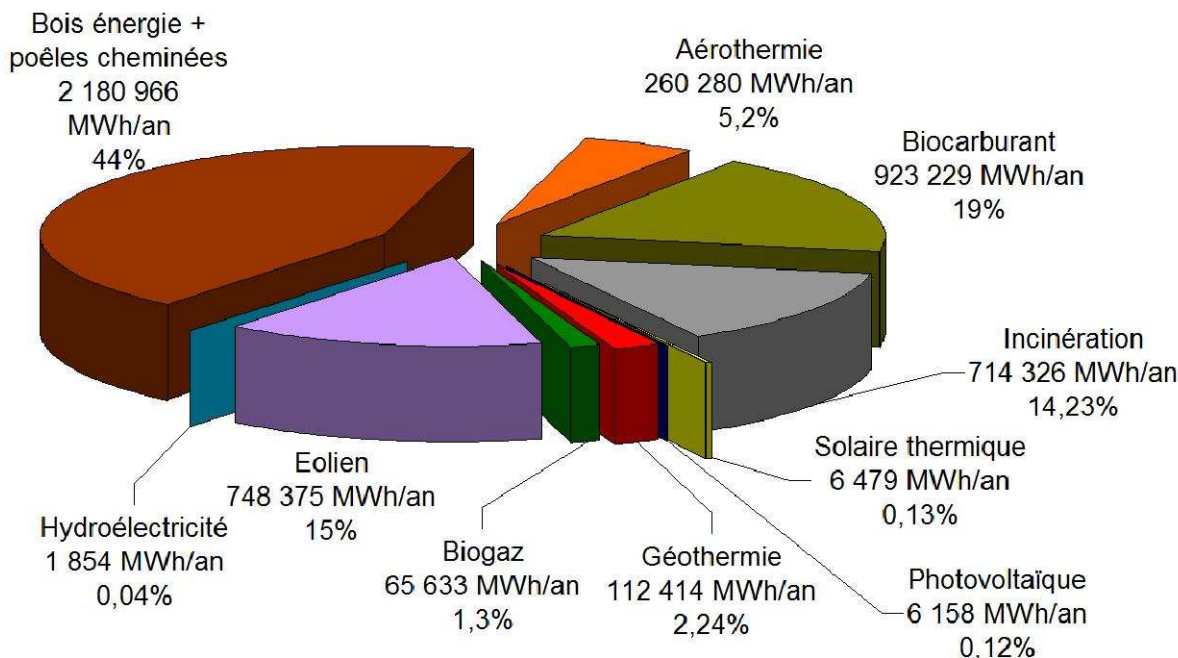
Voir en annexe les hypothèses sur les rejets de CO<sub>2</sub> évités.



### 1.10.1. Répartition entre les filières

La figure ci-dessous met en évidence la répartition de la production d'énergie renouvelable par filière. Le bois énergie présente la production la plus importante, due au chauffage au bois des ménages. L'éolien et l'incinération des ordures ménagères sont les filières les plus productrices derrière le bois énergie.

Production des filières renouvelables en 2009



Graphique 1. Répartition de la production d'énergie renouvelable par filière en 2009

## 2. POSITIONNEMENT DE LA REGION

Le Grenelle de l'Environnement a recadré des objectifs concernant les énergies renouvelables à un horizon plus lointain :

- en 2020 la part des énergies renouvelables dans leur ensemble sur la consommation totale doit atteindre 23%. En région Nord-Pas-de-Calais, à fin 2009, la production totale d'énergies renouvelables atteint 3,20%.

| Objectifs retenus lors du Grenelle de l'environnement                                                                                   | Situation du département du Gers en 2009                                    | Simulation en 2020 avec les gisements nets identifiés sur le territoire               |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| La part des énergies renouvelables dans leur ensemble sur la consommation totale (hors transport) doit atteindre <b>23%</b> d'ici 2020. | La part des énergies renouvelables sur la consommation totale est de 3,20%. | La part des énergies renouvelables sur la consommation totale pourrait atteindre ? %. |

**Tableau 1. Positionnement du territoire en 2009 et 2020 vis-à-vis des objectifs du Grenelle de l'environnement**

Le chiffre de la 3<sup>ème</sup> colonne représente le niveau de production potentiellement atteignable sur la région Nord-Pas-de-Calais ; il sera calculé à partir de l'évaluation des gisements nets des différentes filières énergies renouvelables sur le territoire.

# LE POTENTIEL DE PRODUCTION D'ÉNERGIES RENOUVELABLES

## 3. HYPOTHESES ET NOTE METHODOLOGIQUE

Il s'agit d'établir les potentiels plausibles pour les toutes les installations d'énergies renouvelables à deux horizons de temps : 2020 & 2050. Ces potentiels plausibles représentent pour chaque filière un nombre précis d'installations d'énergies renouvelables que l'on peut attendre sur le territoire aux horizons de temps étudiés.

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.

Préalablement à l'estimation des gisements plausibles, nous calculons des gisements nets qui représentent un potentiel théorique « technique ».

### 3.1. LES GISEMENTS NETS

Les gisements nets représentent toutes les installations qu'il serait possible de réaliser sur les bâtiments existants et toutes les installations que l'on pourrait réaliser chaque année sur les constructions neuves, en ayant exclu toutes celles qui ne peuvent l'être, compte tenu des contraintes réglementaires, techniques et patrimoniales.

Pour chaque typologie d'installation, on tient compte :

- des contraintes liées au patrimoine culturel (sites classés, sites inscrits, secteur sauvegardé, monuments historiques, etc.),
- des enjeux sur les risques naturels (mouvement de terrain, zone d'aléa d'inondation, etc.) pour les filières géothermie, les grandes centrales (photovoltaïque au sol et éolien),
- 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 gisement net de chaque filière sont les suivantes :

- des données sur la production attendue pour les systèmes solaires thermiques et photovoltaïques,
- des données socio-économiques (typologie de chauffage et d'eau chaude sanitaire des logements),
- 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.

Les chiffres présentent donc **le potentiel maximal théorique** et ne tiennent pas compte de la capacité financière des maîtres d'ouvrages, du nombre d'artisans en mesure de réaliser les travaux, des réglementations thermiques actuelles et futures, etc. Par exemple, pour les installations solaires thermiques de chauffage de l'eau chaude sanitaire dans les logements collectifs, cela revient à équiper tous les bâtiments ayant actuellement un chauffage collectif de l'eau chaude, dont les toitures sont bien orientées et non masquées et qui ne sont pas dans un périmètre protégé au titre du patrimoine culturel (monument historique, site classé, etc.).

Ces chiffres sont donc par nature surévalués et représentent le nombre purement théorique d'installations potentielles sur l'ensemble du territoire en ne tenant compte que de la faisabilité technique et des autres contraintes.

Ils sont toutefois intéressants puisqu'ils permettent d'identifier quelle part chaque filière est en mesure d'atteindre dans le cadre des engagements européens en se plaçant dans une position extrêmement favorable.

## 3.2. LES GISEMENTS PLAUSIBLES

Il s'agit maintenant de passer d'un potentiel théorique à un potentiel plausible pour toutes les installations d'énergies renouvelables que ce soit sur les bâtiments ou pour des installations décentralisées. 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.

Les chiffres présentés reflètent un scénario qui se veut tendanciel, c'est-à-dire qu'ils tiennent compte des postulats suivants :

- la dynamique du nombre d'installations suit la tendance établie et tient compte des réglementations, des aides et de l'attractivité connues à ce jour,
- la concurrence des autres énergies (le gaz, l'électricité) est prise en compte suivant les typologies d'installation,
- les ruptures technologiques hypothétiques ne sont pas prises en compte.

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.

Nous avons accès à deux types de données que l'on peut difficilement recouper en raison de leur nature : des données socio-économiques (les logements de l'INSEE, les statistiques de la construction du fichier SITADEL, etc.) 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

Aussi, dans les calculs des gisements nets et plausibles, nous serons amenés à utiliser l'une ou l'autre de ces données, mais il sera toujours possible d'utiliser les ratios de surfaces sans contrainte déterminées par l'analyse cartographique pour les appliquer aux données socio-économiques.

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

- pour les projets sur des bâtiments neufs : des objectifs annoncés dans la loi relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'Environnement,
- pour les projets sur des bâtiments existants : la dynamique 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 (centrales photovoltaïques au sol, parcs éoliens, etc.),
- pour l'ensemble des projets : de l'attractivité des solutions énergies renouvelables et de la motivation des maîtres d'ouvrages.

### **SUR LES BATIMENTS NEUFS**

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

« L'État se fixe comme objectifs que :

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

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

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

C'est selon ces considérations qu'ont été choisis les objectifs appliqués aux bâtiments neufs. Il y a essentiellement deux périodes successives qui modifient foncièrement le nombre d'installations sur le parc neuf des maisons et des immeubles. La première période intervient entre 2010 et 2015 suivant la motivation des maîtres d'ouvrages. En effet, certains d'entre eux vont l'anticiper et d'autres attendront le dernier moment pour l'appliquer<sup>2</sup>. Puis, la deuxième période entre 2020 et 2030 engagera les maîtres d'ouvrages sur des constructions encore plus performantes.

### **SUR LES BATIMENTS EXISTANTS**

L'article 5 de la 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 225 000 logements sociaux<sup>3</sup> situés dans des zones définies par l'article 6 de la loi n° 2003-710 du 1er août 2003 d'orientation et de programmation pour la ville et la rénovation urbaine (NDLR : Zones Urbaines Sensibles).*

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

- de l'énergie actuelle pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire (les logements ou maisons qui utilisent le fuel et le propane sont des cibles privilégiées),
- du nombre d'installations réalisées en 2009 sur le parc existant (état actuel de la filière),
- du statut du maître d'ouvrage (ex : les offices publics de HLM sont généralement plus motivés que le secteur privé).

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

---

<sup>2</sup> Jusqu'au 31/12/2011, un permis de construire déposer en mairie est soumis à la RT 2005 et compte tenu du décalage entre le permis et l'ouverture du chantier, il sera possible de voir des bâtiments respectant encore la RT 2005 en 2015.

<sup>3</sup> 198 000 dans le Nord et 27 000 dans le Pas-de-Calais

## 4. LES DONNEES SOCIO-ECONOMIQUES

### 4.1. LES CARACTERISTIQUES DE L'HABITAT

Une connaissance précise de la typologie de l'habitat sur les différentes communes de la région Nord-Pas-de-Calais nous permet d'alimenter la méthodologie sur le calcul du potentiel net de développement pour la filière solaire. La typologie d'un logement se compose de la nature du logement (maison individuelle, logement collectif, etc.), son année de construction, sa toiture et son mode de chauffage.

En effet, l'implantation de systèmes à énergies renouvelables est soumise à des contraintes réglementaires et techniques d'une part, mais aussi, dans le cadre des filières solaires thermiques, à des considérations économiques qui vont influencer directement sur la rentabilité des investissements et donc du passage à l'acte.

Pour les logements existants (immeubles et maisons), le mode de chauffage des logements ainsi que le mode de chauffage de l'eau chaude sanitaire sont des paramètres dont il faut tenir compte dans le cadre d'une installation à énergie renouvelable.

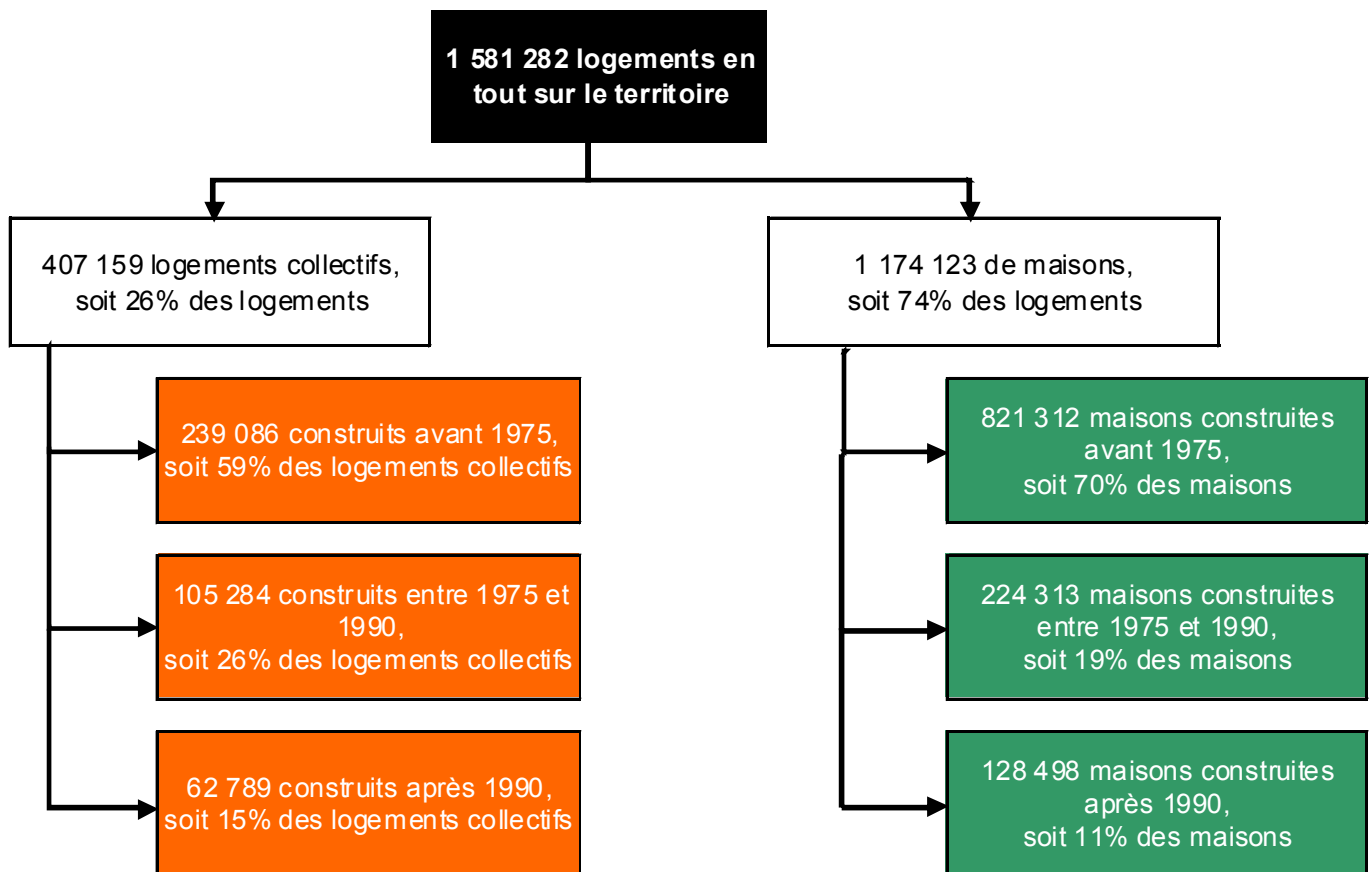
L'âge du logement ou des équipements de chauffage est aussi un paramètre à prendre en compte puisqu'il conditionne le changement éventuel d'une chaudière ou la rénovation du bâti. Il est plus avantageux de passer aux énergies renouvelables lors du changement programmé de ces équipements ou d'une réhabilitation plus lourde.

La facilité de mise en œuvre d'un système à énergie renouvelable par rapport au type d'énergie existante est également prise en compte : ce paramètre peut très bien compenser un temps de retour sur investissement plus important. Par exemple, le temps de retour d'un chauffe-eau solaire est plus faible pour une habitation déjà équipée avec du fioul plutôt qu'avec un cumulus électrique ; toutefois, il est plus facile de remplacer un cumulus électrique par un ballon solaire que de trouver un emplacement pour ce même ballon solaire à proximité de la chaudière au fioul.

#### ***4.1.1. La nature du parc de logements en 2006***

L'étude se concentre sur les résidences principales. Parmi celles-ci, on retient les maisons individuelles et les logements collectifs, soit 1 581 282 logements, d'après le recensement de la population de l'INSEE réalisé en 2006.





**Figure 1. Répartition des logements par type (Insee, RP 2006)**

Le parc de logements est constitué majoritairement de maisons individuelles (74%), dont la majeure partie a été construite avant 1975 et la première réglementation thermique (70%). En ce qui concerne les logements collectifs, le parc est plus récent, 41% des logements datant d'après 1975.

#### ***4.1.2. Le mode de chauffage des logements en 2006***

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.

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

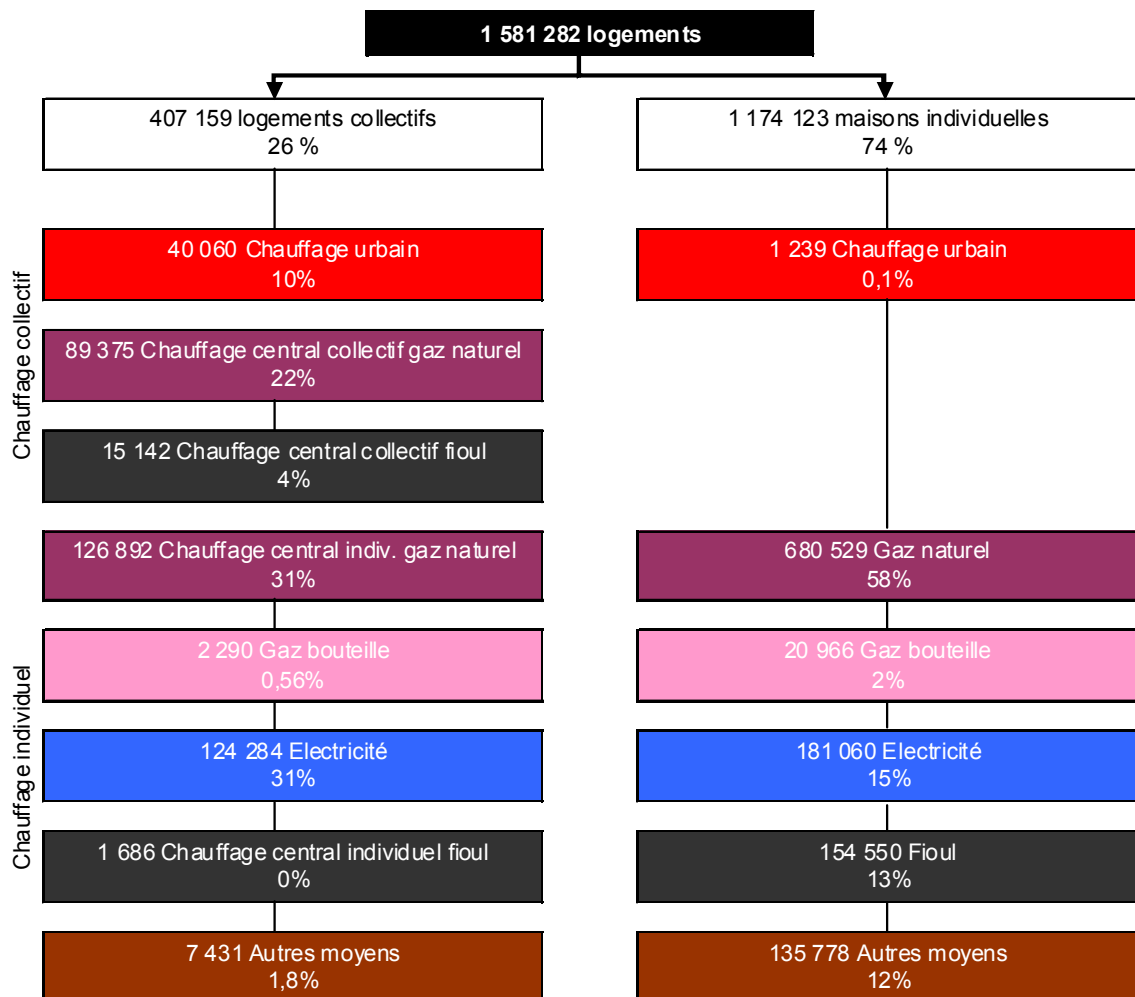
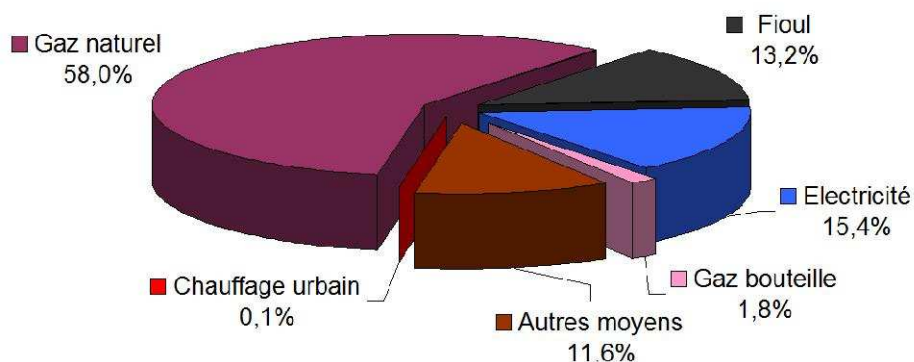


Figure 2. Mode de chauffage des logements du Nord-Pas-de-Calais (Insee, RP 2006)

Les maisons individuelles sont majoritairement chauffées au gaz naturel. L'électricité, le fioul et les « autres moyens » (chauffage au bois ou au charbon, appareils mobiles) sont utilisés dans des proportions équivalentes.

#### Répartition du mode de chauffage des maisons individuelles

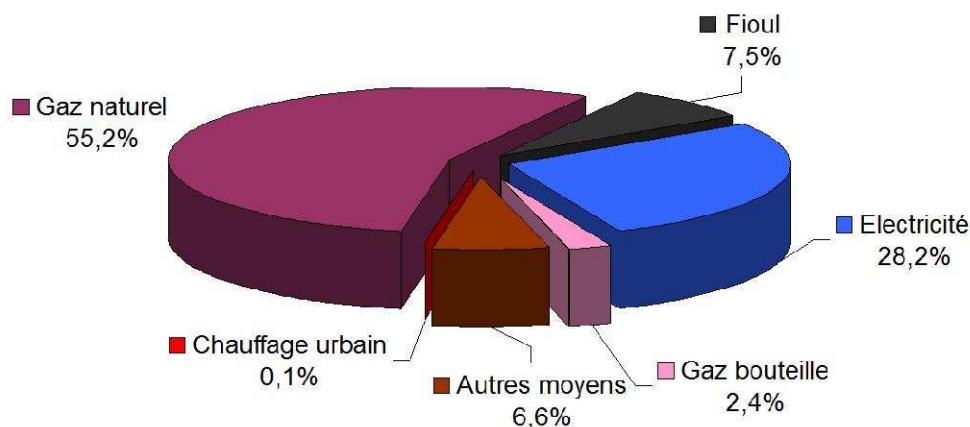


insee : RP2006

Graphique 2. Mode de chauffage des maisons individuelles (Insee, RP 2006)

Cette tendance évolue pour les maisons individuelles récentes. En effet, la part de l'électricité comme mode de chauffage passe de 15% à 28%, tandis que le fioul et les « autres moyens » diminuent fortement. Le gaz naturel diminue légèrement.

### Répartition du mode de chauffage des maisons individuelles après 1999

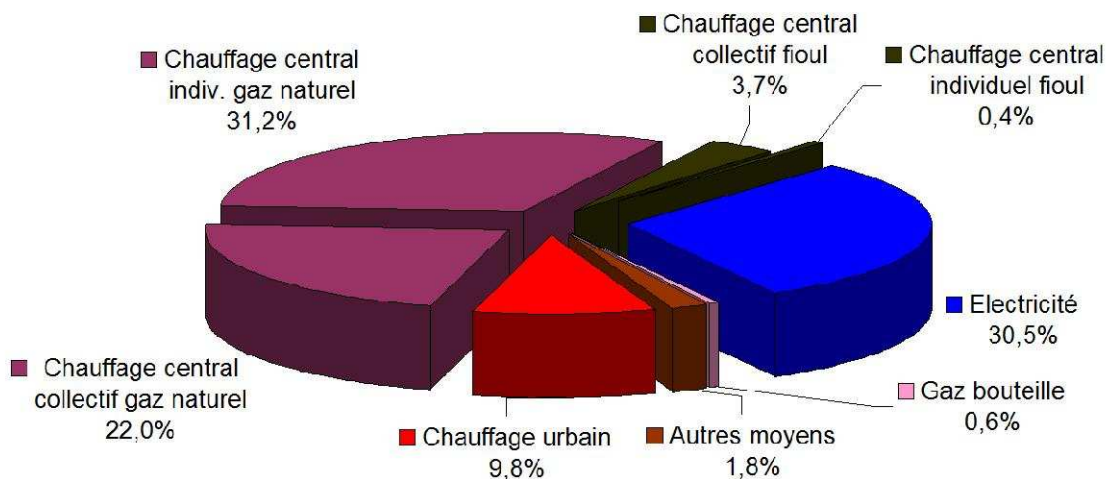


Insee : RP2006

**Graphique 3. Mode de chauffage des maisons individuelles après 1999 (Insee, RP 2006)**

En ce qui concerne les logements collectifs, le gaz naturel est également l'énergie prépondérante. Contrairement aux maisons individuelles, le fioul et les « autres moyens de chauffage » sont peu utilisés. Le chauffage urbain participe à près de 10% au chauffage des logements collectifs.

### Répartition du mode de chauffage des immeubles collectifs

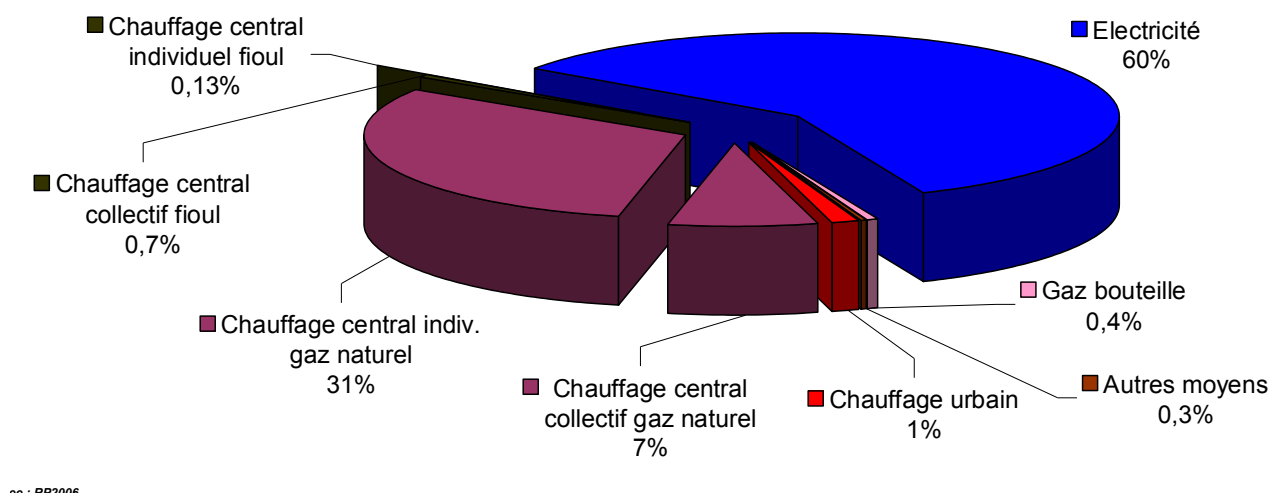


Insee : RP2006

**Graphique 4. Mode de chauffage des logements collectifs (Insee, RP 2006)**

Les logements collectifs construits après 1999 sont principalement chauffés à l'électricité. Ils sont peu raccordés à un réseau de chauffage urbain (seulement 1%, contrairement à l'ensemble du parc, à près de 10%)

## Répartition du mode de chauffage des immeubles collectifs après 1999



Graphique 5. Mode de chauffage des logements collectifs après 1999 (Insee, RP 2006)

**4.1.3. Le mode de chauffage de l'eau chaude sanitaire**

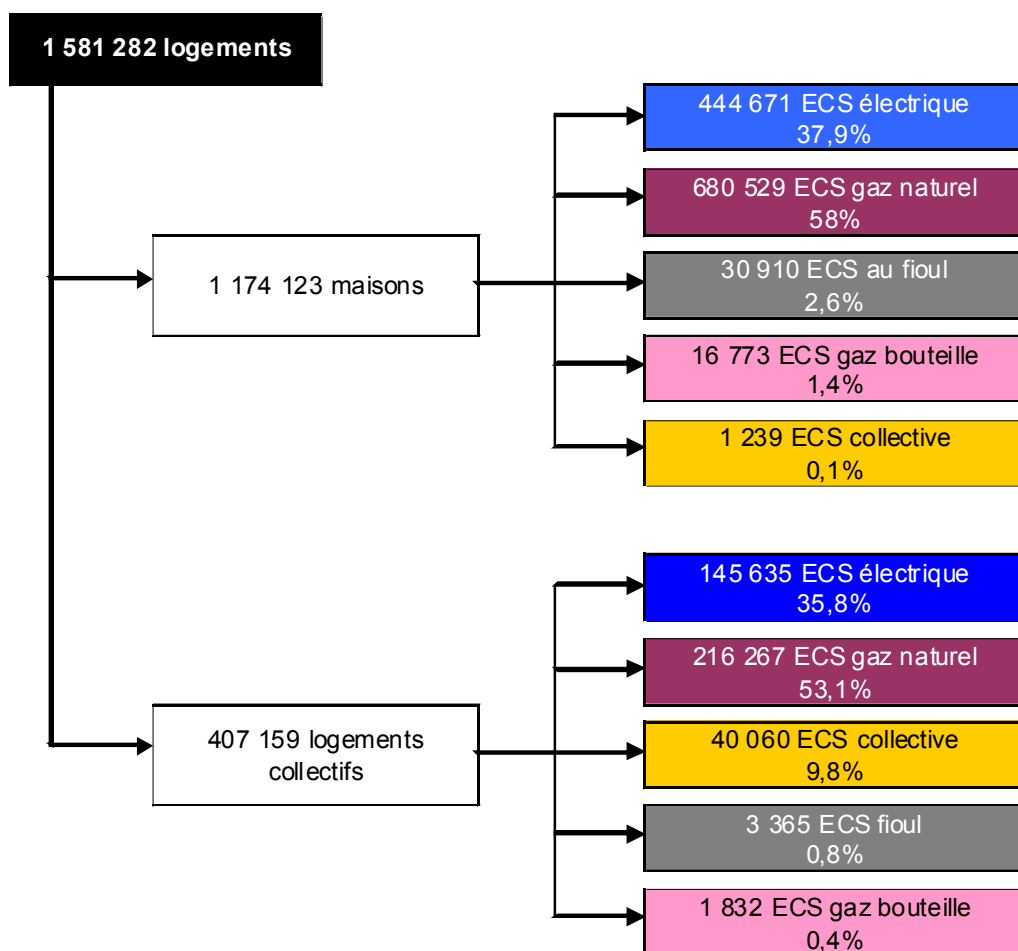
Le mode de chauffage de l'eau chaude sanitaire n'est pas une donnée disponible dans le recensement de la population de l'INSEE. Seule l'énergie de chauffage est connue ; il nous faut donc prendre une hypothèse dans la mesure où cette énergie n'est pas nécessairement la même que pour le chauffage du logement.

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.

Nous prendrons les hypothèses suivantes pour la détermination de l'énergie de chauffage de l'eau chaude sanitaire :

| Hypothèse mode de chauffage de l'eau chaude sanitaire |             |             |       |               |                  |
|-------------------------------------------------------|-------------|-------------|-------|---------------|------------------|
| ↓ Energie de chauffage ↓                              | Electricité | Gaz naturel | Fioul | Gaz bouteille | Chauffage urbain |
| Chauffage urbain                                      |             |             |       |               | 100%             |
| Gaz naturel                                           |             | 100%        |       |               |                  |
| Fioul                                                 | 80%         |             | 20%   |               |                  |
| Electricité                                           | 100%        |             |       |               |                  |
| Gaz bouteille                                         | 20%         |             |       | 80%           |                  |
| Charbon-bois                                          | 100%        |             |       |               |                  |
| autres moyens                                         | 100%        |             |       |               |                  |

Figure 3. hypothèse sur le mode de chauffage de l'eau chaude sanitaire en fonction du chauffage de l'habitation



**Graphique 6. Mode de chauffage de l'eau chaude sanitaire (Insee, RP 2006)**

Le gaz naturel est l'énergie la plus utilisée pour chauffer l'eau chaude sanitaire, suivie de l'électricité.

## 4.2. LA DYNAMIQUE DU LOGEMENT

La dynamique constatée sur le territoire (données Insee depuis 1990) nous fournit les informations suivantes :

|                                                    | entre 1975 et 1989 | entre 1990 et 1999 | entre 2000 et 2006 |
|----------------------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Nb de logements collectifs construits chaque année | 14 954             | 6 677              | 8 819              |
| Nb de maisons construites chaque année             | 7 019              | 3 991              | 3 268              |

**Figure 4. nombre de logements construits chaque année entre 1975 et 2006 (source : Insee RPG 1999 et 2006)**

Au-delà d'une hypothèse basée sur l'historique des constructions, l'Insee a également évalué la progression de la démographie à l'horizon 2030. Il ressort de cette étude que la population en région Nord-Pas-De-Calais est évaluée à 4 090 000 personnes en 2020 puis 4 063 000 en 2030.

|                       | Nord-Pas-de-Calais |           |           |
|-----------------------|--------------------|-----------|-----------|
|                       | ensemble           | hommes    | femmes    |
| Années :              |                    |           |           |
| 2005                  | 4 032 000          | 1 953 000 | 2 079 000 |
| 2010                  | 4 064 000          | 1 970 000 | 2 094 000 |
| 2015                  | 4 085 000          | 1 983 000 | 2 102 000 |
| 2020                  | 4 090 000          | 1 989 000 | 2 101 000 |
| 2025                  | 4 081 000          | 1 988 000 | 2 093 000 |
| 2030                  | 4 063 000          | 1 981 000 | 2 082 000 |
| Evolution 2005-2030 : |                    |           |           |
| en nombre             | 31 000             | 28 000    | 3 000     |
| taux d'évolution (%)  | 0,7                | 1,4       | 0,1       |

Source : Insee - Omphale

**Figure 5. hypothèse sur la démographie en 2030 (source : Insee - Omphale)**

A partir de ces deux informations, nous avons pris les hypothèses suivantes :

- 4 000 logements collectifs construits chaque année jusqu'en 2020, puis 1 000 logements collectifs entre 2020 et 2050 (la démographie baisse sensiblement, mais le parc continu à se renouveler),

8 000 maisons individuelles construites chaque année jusqu'en 2020, puis 2 000 maisons individuelles entre 2020 et 2050 (la démographie baisse sensiblement, mais le parc continu à se renouveler).

### 4.3. LE REVENU FINANCIER DES MENAGES

L'Insee nous renseigne sur les revenus fiscaux localisés des ménages pour l'année 2008 en fonction du statut d'occupation (propriétaire, locataire). Si on s'intéresse uniquement aux propriétaires, l'Insee fournit par département des valeurs en décile.

Les déciles du revenu fiscal par ménage décrivent la distribution des revenus par tranches de 10% des ménages. La médiane constitue donc le cinquième décile. Les déciles les plus couramment utilisés pour décrire les disparités des revenus sont le premier et le dernier décile :

- le premier décile (D1) du revenu fiscal par ménage est tel que 10 % des ménages déclarent un revenu inférieur à cette valeur et 90 % des ménages présentent un revenu supérieur ;
- le dernier décile (D9) du revenu fiscal par ménage est tel que 90 % des ménages déclarent un revenu inférieur à cette valeur et 10 % des ménages présentent un revenu supérieur.

Ainsi, pour un investissement dans une petite installation (poêle à bois, insert, chauffe-eau solaire individuel) près de 50% des propriétaires sont en mesure d'investir dans un équipement. Pour une installation plus conséquente (système solaire combiné, géothermie, installation photovoltaïque) 30 % des propriétaires sont en mesure d'investir dans un équipement.

## 5. L'ANALYSE CARTOGRAPHIQUE

### 5.1. TYPOLOGIE DES BATIMENTS

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

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

#### AUTRE

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

**Regroupement :** bâtiments d'habitation, bergerie, borie, bungalow, bureaux, chalet, bâtiments d'enseignement, garage individuel, bâtiments hospitaliers, immeubles collectifs, lavoirs couverts, musée, prison, refuge, villages de vacances.

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

Tous les polygones de moins de 10 m de haut et d'une surface inférieure à 1 000 m<sup>2</sup> 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 entraînerait 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 bergeries, les bungalows, les chalets, les garages individuels, les refuges et bien sur les maisons. La surface totale des toits totalise 149 237 015 m<sup>2</sup>.



**Les immeubles** quant à eux regroupent, outre les immeubles d'habitation, les immeubles de bureaux, les bâtiments d'enseignement, les bâtiments hospitaliers, les musées, les prisons et les villages de vacances. La surface totale des toits totalise 54 909 823 m<sup>2</sup>.



#### BATIMENT INDUSTRIEL

**Définition :** Bâtiment réservé à des activités industrielles

**Regroupement :** Bâtiment réservé à des activités industrielles : abattoir, atelier (grand), auvent de quai de gare, bâtiment industriel (grand), centrale électrique (bâtiment), construction technique, entrepôt, hangar industriel (grand), scierie, usine.. La surface totale des toits totalise 83 185 448 m<sup>2</sup>.





## BATIMENT 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 3 542 971 m<sup>2</sup>.

## BATIMENT SPORTIF

**Définition :** Bâtiment réservé à la pratique sportive.

**Regroupement :** Gymnase, Piscine couverte, Salle de sport, Tennis couvert. La surface totale des toits totalise 2 114 669 m<sup>2</sup>.



## TRIBUNE

**Définition :** Bâtiment réservé à la pratique sportive.

**Regroupement :** Tribune de terrain de sport (stade, hippodrome, vélodrome,...). La surface totale des toits totalise 213 929 m<sup>2</sup>.

## 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 1 161 766 m<sup>2</sup> de toiture.

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

| Bâtiment                                                 | Surface (m <sup>2</sup> ) | % du total  |
|----------------------------------------------------------|---------------------------|-------------|
| Maison                                                   | 149 237 015               | 49,7%       |
| Immeuble                                                 | 54 909 823                | 18,3%       |
| Bâtiment industriel                                      | 83 185 448                | 27,7%       |
| Bâtiment commercial                                      | 3 542 971                 | 1,18%       |
| Bâtiment agricole                                        | 2 597 513                 | 0,87%       |
| Bâtiment sportif                                         | 2 114 669                 | 0,70%       |
| Tribune                                                  | 213 929                   | 0,07%       |
| Serre                                                    | 1 161 766                 | 0,39%       |
| Gare                                                     | 89 183                    | 0,03%       |
| Aérogare                                                 | 30 748                    | 0,01%       |
| Autre bâtiment tour, donjon, réservoir industriel, etc.) | 2 997 931                 | 1,00%       |
|                                                          | <b>300 080 996</b>        | <b>100%</b> |

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

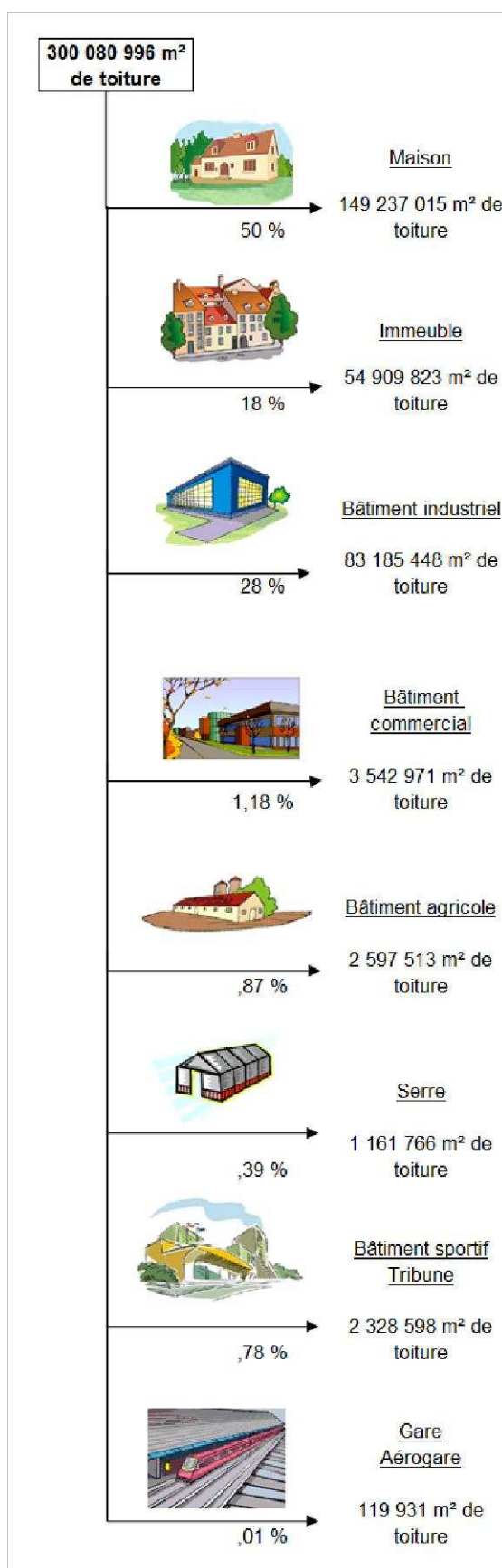


Figure 6 : Répartition des surfaces de toiture par type de bâtiment et de toiture

## 6. LES FILIERES SOLAIRES

### 6.1. LA RESSOURCE SOLAIRE

L'ensoleillement du territoire et les données météorologiques constituent le gisement brut de la filière solaire thermique. Ces données servent de base au calcul du productible des installations solaires thermiques et photovoltaïques.

#### 6.1.1. Données météorologiques

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 ont permis à Axenne de dresser la cartographie du gisement solaire sur l'ensemble du territoire. Les données de température présentées sont celles de Lille.

**Base météo de référence : Lille**

**Altitude :** 22 m

**Latitude :** 50,64 °

**Longitude :** 2,98 °

| MOIS | Ensoleillement<br>à l'horizontale<br>(en Wh/m <sup>2</sup> .j) | Température<br>mini | Température<br>moyenne | Température<br>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/m<sup>2</sup>.an

Sources : ensoleillement - Helioclim1 / températures - Météonorm

**Tableau 3. Données mensuelles d'ensoleillement et de température à Lille**

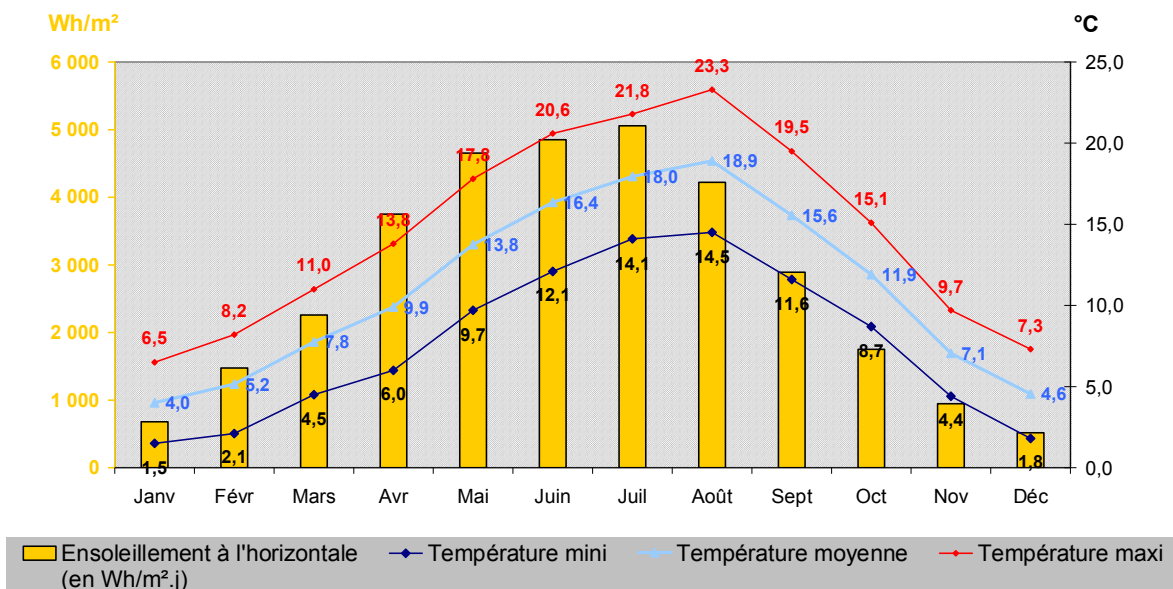
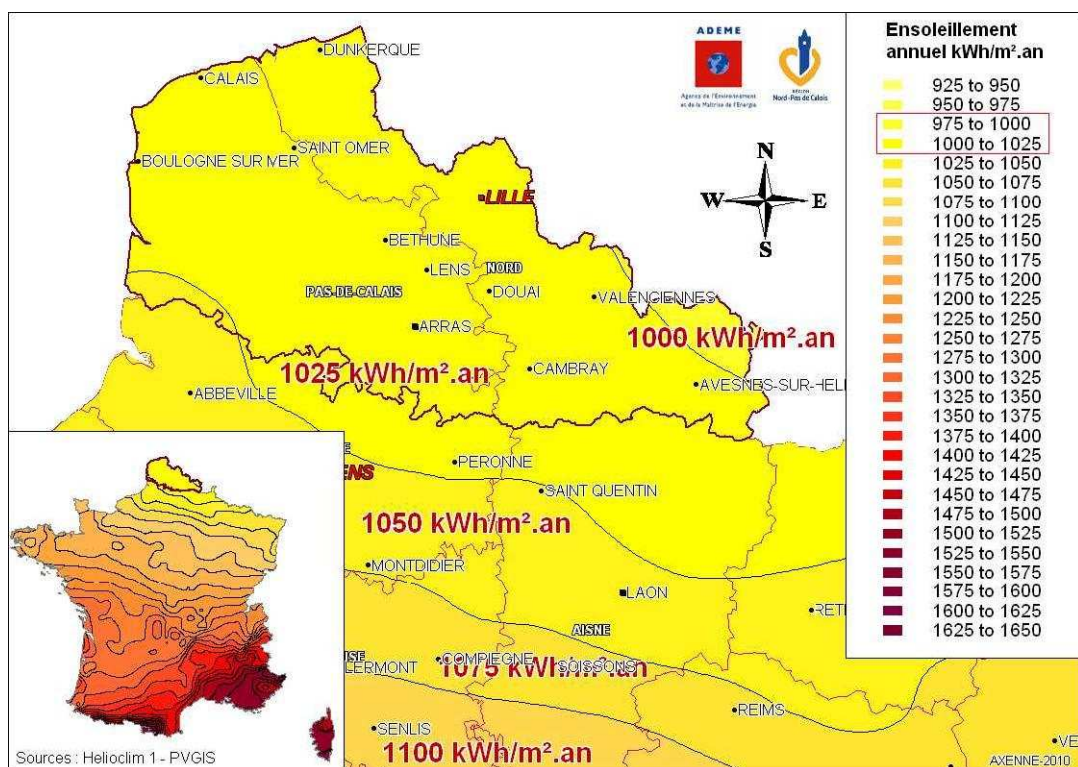


Figure 7. Courbes mensuelles de température et ensoleillement à Lille

### ■ Cartographie de l'ensoleillement

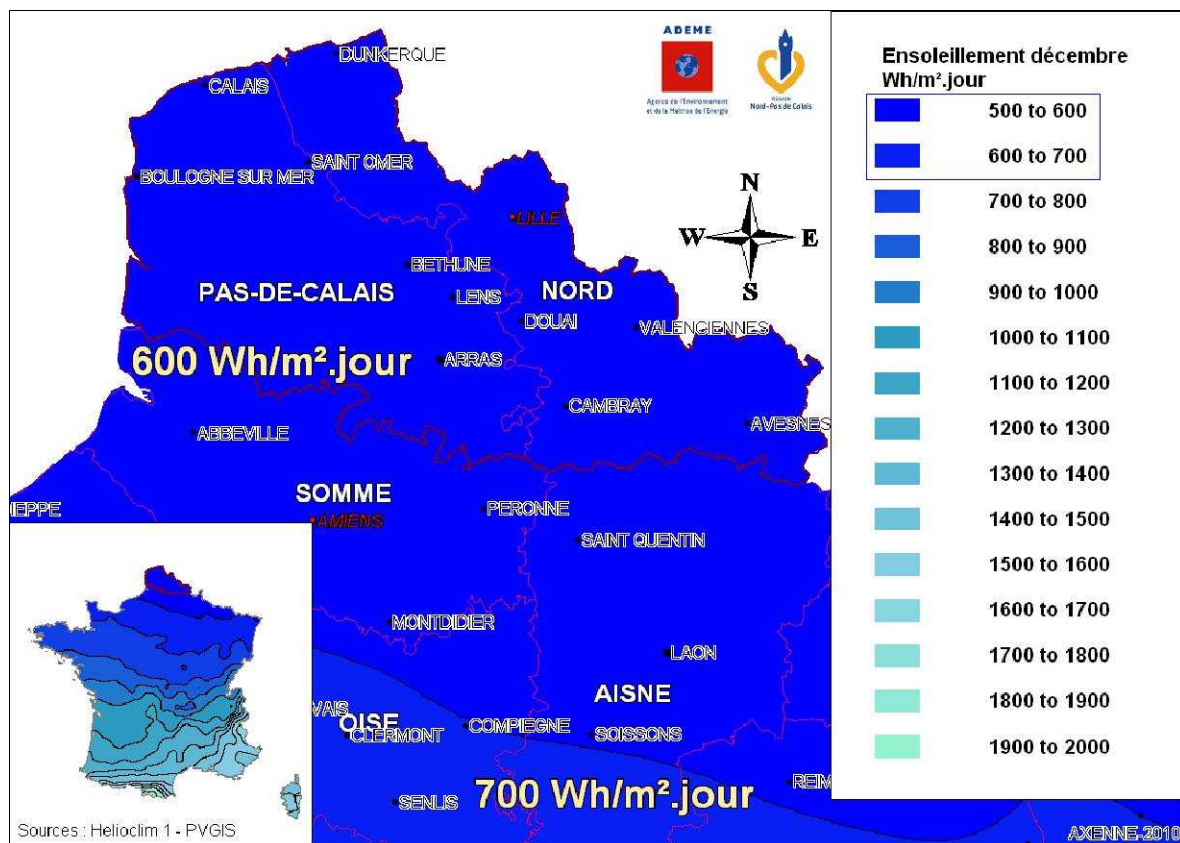
Les cartes suivantes mettent en évidence l'ensoleillement moyen sur la région Nord-Pas-de-Calais à trois périodes : annuellement, au mois de juillet et au mois de décembre.

**Attention !** la carte d'ensoleillement annuel est présentée avec une légende exprimée en kWh/m².an tandis que les deux cartes mensuelles du mois de décembre et juillet sont présentées avec une légende exprimée en Wh/m².jour.

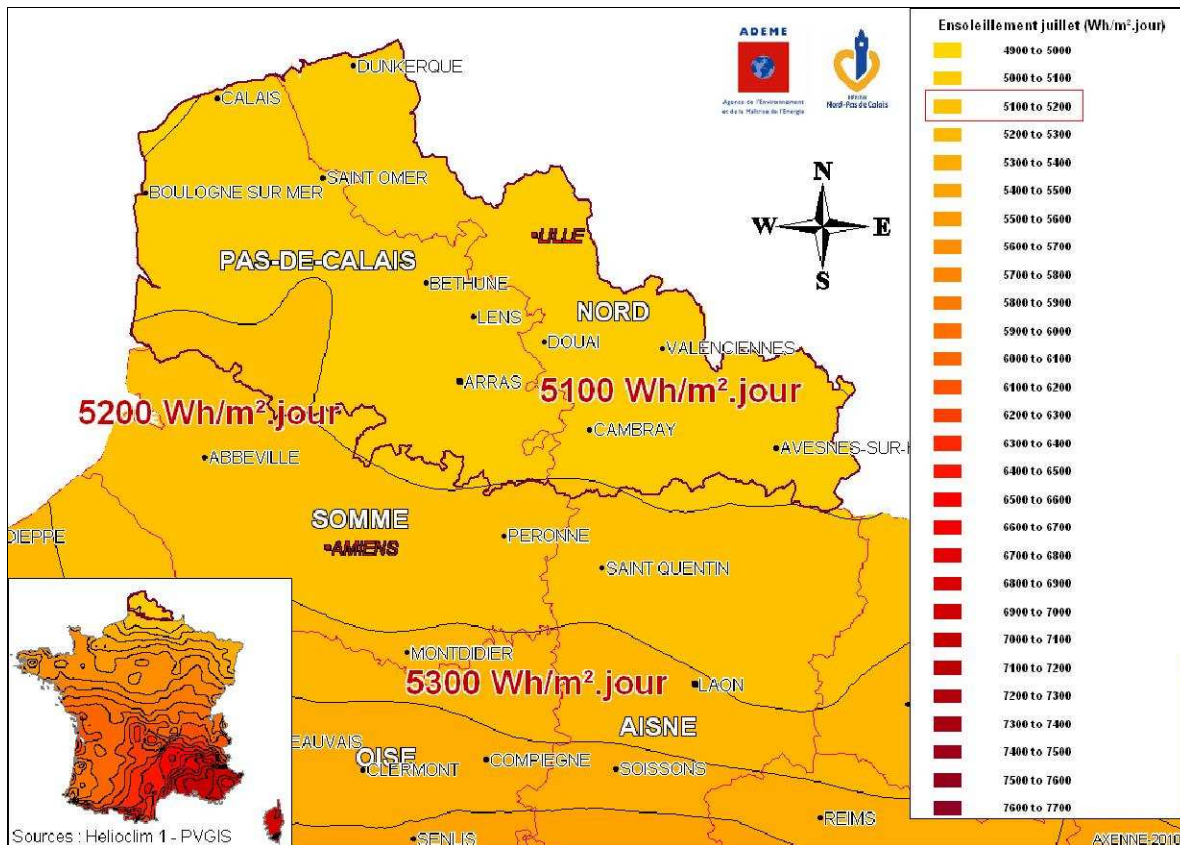


Carte 1. Ensoleillement moyen annuel sur la région Nord-Pas-de-Calais [kWh/m².an]





Carte 2. Ensoleillement moyen en décembre sur la région Nord-Pas-de-Calais [Wh/m².jour]



Carte 3. Ensoleillement moyen en juillet sur la région Nord-Pas-de-Calais [Wh/m².jour]

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 la région Nord-Pas-de-Calais par rapport à la France en ce qui concerne l'ensoleillement.

Sur l'année, l'ensoleillement de la région varie de 1 000 à 1 050 kWh/m<sup>2</sup>.an, ce qui dans la fourchette basse de la plage d'ensoleillement du territoire national. Cette tendance est similaire sur les mois de décembre et juillet.

### **6.1.2. Productible**

#### **6.1.2.1. Solaire thermique**

Le productible d'une installation solaire thermique est illustré par deux exemples :

- une installation individuelle produisant de l'eau chaude sanitaire solaire.
- une installation collective produisant de l'eau chaude sanitaire solaire.

#### **CHAUFFE-EAU SOLAIRE INDIVIDUEL (LOGICIEL UTILISE : SOLO 2000)**

Caractéristiques de l'installation :

- 5 m<sup>2</sup> de capteurs,
- orientation sud et inclinaison à 45°,
- ballon de stockage de 200 litres,
- consommation de 180 L/j,
- température de consigne : 50°C

Ces besoins correspondent à ceux d'une famille de quatre personnes.

Avec les hypothèses mentionnées ci-dessus, l'installation produira 1 700 kWh/an soit 55% des besoins en eau chaude sanitaire de la famille considérée. La productivité des capteurs est de 350 kWh/m<sup>2</sup>.

#### **CHAUFFE-EAU SOLAIRE COLLECTIF (LOGICIEL UTILISE : SOLO 2000)**

Caractéristiques de l'installation :

- 40 m<sup>2</sup> de capteurs,
- orientation sud et inclinaison à 45°,
- ballon de stockage de 2 500 litres,
- consommation de 2 000 L/j,
- température de consigne : 50°C.

Avec les hypothèses mentionnées ci-dessus, l'installation produira 16 500 kWh/an, soit 50% des besoins en eau chaude sanitaire considérés. La productivité des capteurs est de 410 kWh/m<sup>2</sup>.

### 6.1.2.2. Photovoltaïque

Le productible d'une installation solaire photovoltaïque est illustré par les deux exemples suivants :

#### PHOTOVOLTAÏQUE DANS L'HABITAT INDIVIDUEL (LOGICIEL UTILISE : PVSYST)

Caractéristiques de l'installation :

- 27 m<sup>2</sup> de modules photovoltaïques
- 3 kWc en polycristallin
- orientation sud et inclinaison à 35°, sur une toiture inclinée

Avec ces hypothèses, l'installation produit 2 625kWh/an, et fonctionne 875 heures à puissance nominale.

#### PHOTOVOLTAÏQUE DANS LE COLLECTIF (LOGICIEL UTILISE : PVSYST)

Caractéristiques de l'installation :

- 2 300 m<sup>2</sup> de modules photovoltaïques
- 100 kWc en technologie amorphe
- orientation sud et inclinaison à 5°, sur une toiture-terrasse

Avec ces hypothèses, l'installation produit 80 000kWh/an, et fonctionne 800 heures à puissance nominale.

## 6.2. LES CONTRAINTES TECHNIQUES ET REGLEMENTAIRES

### 6.2.1. Les contraintes réglementaires de protection du patrimoine bâti

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 (Secteur sauvegardé, site classé, périmètre des monuments historiques ...). Nous présentons ci-après le classement de ces zones de protection de la plus contraignante à la moins rédhitoire pour l'implantation de panneaux solaires.

#### 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 existe un secteur sauvegardé sur la région Nord-Pas-de-Calais : le centre ancien de Lille, couvrant 56 ha.

#### 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. **L'implantation de capteurs solaires dans un site classé est envisageable.**

→ *Soixante zones sont classées sur la région Nord-Pas de Calais, sur une surface totale de 6723 ha.*

### **3. Les ZPPAUP (Zones de Protection du Patrimoine Architectural, 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.

→ *Il y a onze zones de Protection du Patrimoine Architectural, Urbain et Paysager dans le département du Nord, et douze zones dans le département du Pas de Calais.*

### **4. Les monuments historiques**

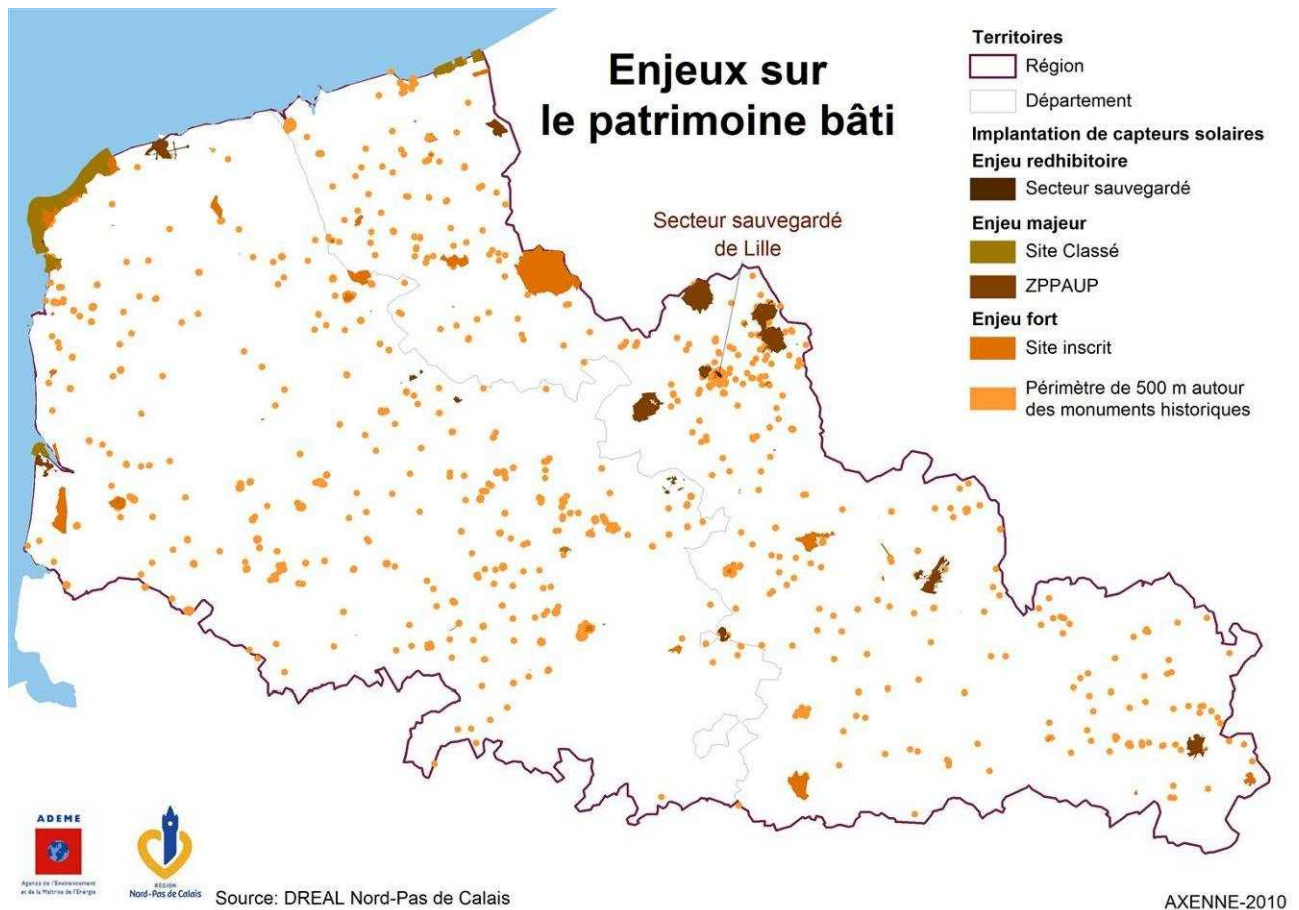
**L'implantation d'un champ solaire est envisageable dans le périmètre de protection autour d'un édifice protégé**, sous réserve d'étudier précisément les perceptions du champ solaire depuis les édifices et d'effectuer un examen des covisibilités de l'édifice et du champ solaire depuis différents points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

→ *Il y a près de 1150 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.

→ *Les cinquante-neuf sites inscrits de la région couvrent 13 338 ha.*



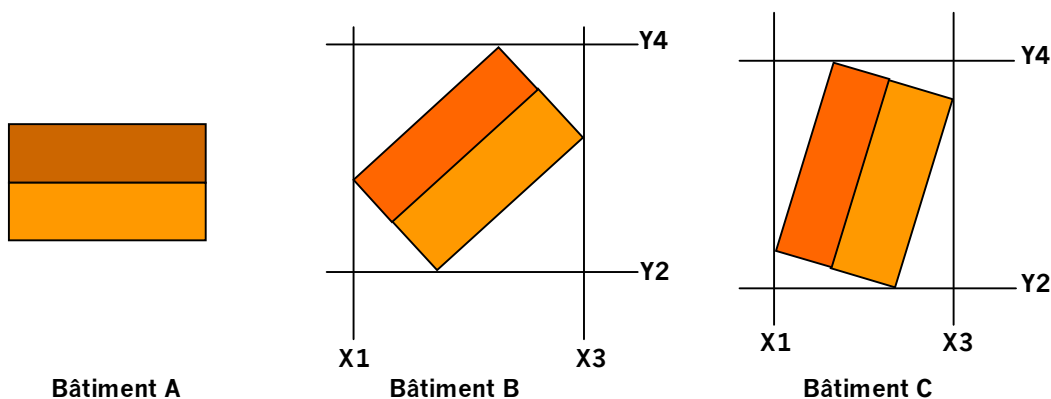
**Carte 4. les enjeux du patrimoine bâti pour les installations solaires (thermiques et photovoltaïques)**

### 6.3. LES CONTRAINTES D'EXPOSITION ET D'ORIENTATION

Pour avoir travaillé sur l'arrondissement de Lille qui regroupe 124 communes, nous avons pu faire une analyse détaillée des surfaces de toiture à l'ombre du fait des bâtiments voisins. Nous avons constaté que les bâtiments se faisaient finalement peu d'ombre entre eux. Cela peut s'expliquer du fait d'une urbanisation peu dense et également une homogénéité de la hauteur des bâtiments sur le territoire.

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.

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 sur Lille Métropole Communauté Urbaine et il s'est avéré qu'en moyenne entre 20% et 30 % des bâtiments aux toitures inclinés étaient mal orientés (soit entre 5% et 15% de la surface totale).

Nous avons donc conservé entre 80 % des toitures et 100 % suivant les typologies de bâtiment pour les coefficients d'orientation et de masque.

| Nature               | Coef_masque | Coef_orientation |
|----------------------|-------------|------------------|
| Maison               | 0,95        | 0,85             |
| Bâtiment industriel  | 0,95        | 0,95             |
| Immeuble             | 0,95        | 0,8              |
| Bâtiment commercial  | 0,85        | 0,9              |
| Bâtiment agricole    | 0,95        | 0,95             |
| Serre                | 0,95        | 0,8              |
| Bâtiment sportif     | 0,8         | 1                |
| Réservoir industriel | 0,8         | 0,95             |
| Mairie               | 0,95        | 0,8              |
| Tribune              | 0,95        | 0,8              |
| Réservoir d'eau      | 0,9         | 1                |
| Gare                 | 0,9         | 0,8              |
| Aérogare             | 0,9         | 0,8              |

## 6.4. 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.

| Typologie de bâtiment | Surface sans aucune contrainte(m <sup>2</sup> ) | en % de la surface totale de la typologie |
|-----------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Maison                | 102 354 124                                     | 69%                                       |
| Immeuble              | 23 230 874                                      | 42%                                       |
| Bâtiment industriel   | 63 805 822                                      | 77%                                       |
| Bâtiment commercial   | 2 260 188                                       | 64%                                       |
| Bâtiment agricole     | 2 171 511                                       | 84%                                       |
| Bâtiment sportif      | 1 314 835                                       | 62%                                       |
| Tribune               | 102 163                                         | 48%                                       |
| Serre                 | 794 303                                         | 68%                                       |
| Gare                  | 27 202                                          | 31%                                       |
| Aérogare              | 22 139                                          | 72%                                       |
|                       | 196 083 162                                     |                                           |

Tableau 4 : Surface de toiture sans aucune contrainte

Cette analyse cartographique du potentiel solaire montre que la grande majorité des bâtiments du territoire ne subit ni contrainte réglementaire ni contrainte technique (masque ou mauvaise orientation). Ces surfaces d'immeubles, de maisons et de bâtiments industriels, etc. sans contrainte totalisent près de deux cents millions de mètres carrés.

## 6.5. LES POTENTIELS NETS DES FILIERES SOLAIRES THERMIQUES

### 6.5.1. Les chauffe-eau solaires individuels (CESI)

#### 6.5.1.1. Considérations économiques

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

| CHAUFFE-EAU SOLAIRE POUR LES MAISONS INDIVIDUELLES |  |  |  |  |
|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Energie substituée                                 | Gaz naturel                                                                         | Fioul                                                                               | Propane                                                                              | Elec HC                                                                               |
| Temps de retour investisseur (ans)                 | 23                                                                                  | 20                                                                                  | 11                                                                                   | 18                                                                                    |
| Rejet de CO <sub>2</sub> évité (kg/an)             | 378                                                                                 | 499                                                                                 | 476                                                                                  | 78                                                                                    |

Tableau 5 : Temps de retour sur investissement de l'eau chaude solaire pour l'habitat

Ces temps de retour sur investissement tiennent compte d'une augmentation du coût des différentes énergies et de l'inflation. Ils ont été calculés pour une installation solaire thermique de 5,0 m<sup>2</sup> sur une habitation neuve (donc avec un taux de TVA à 19,6%). Le crédit d'impôt est bien sûr pris en compte (à hauteur de 45% dans le cadre des nouvelles dispositions pour l'année 2011) tout comme les subventions de la Région (le temps de retour étant beaucoup plus important sinon). Malgré les temps de retour sur investissement parfois longs, nous retiendrons tous les modes de chauffage de l'eau chaude sanitaire présentés ci-avant dans l'analyse des gisements nets. En effet, l'augmentation du coût de l'énergie engage souvent les propriétaires à investir sur une solution d'énergie renouvelable et le temps de retour sur investissement n'est pas le seul déclencheur.

### 6.5.1.2. Considérations techniques

Nous ne prendrons pas en compte les quelques maisons alimentées par le chauffage urbain (celles-ci bénéficient de l'eau chaude à un tarif préférentiel). Les maisons existantes équipées d'un cumulus électrique seront prises en compte, le temps de retour sur investissement est de 9 ans, contrairement au cas de figure d'une maison neuve (le taux de TVA passe en effet à 5,5% et on considère que le changement s'effectue au moment où le cumulus électrique aurait dû être changé). De plus, il est très facile d'installer un chauffe-eau solaire individuel sur une maison déjà équipée d'un cumulus électrique.

Les cibles indiquées dans le tableau – *Nombre total de maisons (cible totale)* - sont pondérées par la capacité d'investissement des propriétaires (49%) et les coefficients issus de l'analyse sur le patrimoine bâti et des hypothèses sur les toitures masquées ou mal orientées (69%). Pour les maisons ayant une toiture inclinée, 69% sont « éligibles » pour l'installation de capteurs solaires (voir Tableau 4 : Surface de toiture sans aucune contrainte).

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

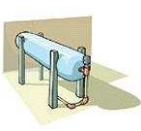
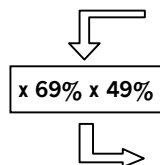
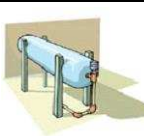
|                           | CHAUFFE-EAU SOLAIRE INDIVIDUEL DANS L'HABITAT EXISTANT |  |  |  |  |
|---------------------------|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|                           | Nombre total de Maisons (cible totale)                 | 444 671                                                                             | 16 773                                                                               | 680 529                                                                               | 30 910                                                                                |
|                           | Energie utilisée pour l'eau chaude sanitaire           | ECS électrique                                                                      | ECS gaz bouteille                                                                    | ECS gaz naturel                                                                       | ECS au fioul                                                                          |
| $\times 69\% \times 49\%$ | Gisement net CESI (nb d'installations)                 | 149 439                                                                             | 5 637                                                                                | 228 703                                                                               | 10 388                                                                                |
|                           | Gisement net annuel (nb d'installations)               | 9 963/an                                                                            | 376/an                                                                               | 15 247/an                                                                             | 693/an                                                                                |

Tableau 6 : Gisement net pour les chauffe-eau solaires individuels sur le parc des maisons existantes

Le gisement net annuel tient compte du renouvellement des équipements (tous les 20 ans pour une chaudière fioul ou gaz et tous les 15 ans pour un cumulus électrique). Il est en effet plus facile de proposer un CESI lors du changement des actuels systèmes de chauffage de l'eau chaude sanitaire.

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

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

|  | CHAUFFE-EAU SOLAIRE INDIVIDUEL DANS L'HABITAT NEUF |  |  |  |  |
|----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                  | choix du mode de chauffage -->                     | Electricité                                                                       | Fioul                                                                             | Gaz bouteille                                                                       | Gaz naturel                                                                         |
|                                                                                  | Nombre de Maisons/an (cible totale)                | 3 308/an                                                                          | 120/an                                                                            | 153/an                                                                              | 4 413/an                                                                            |
|                                                                                  | Energie utilisée pour l'eau chaude sanitaire       | Electricité                                                                       | Fioul/Electricité                                                                 | Gaz bouteille                                                                       | Gaz naturel                                                                         |
|                                                                                  | Gisement net annuel CESI (nb d'installations)      | 2 269/an                                                                          | 83/an                                                                             | 105/an                                                                              | 3 027/an                                                                            |

**Tableau 7 : 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.

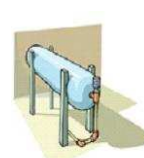
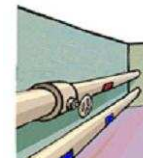
#### ***Rappel des données 2009:***

Dans l'année 2009, le nombre de CESI installé sur les maisons neuves et existantes sur le territoire était de 250 environ.

## **6.5.2. Les systèmes solaires combinés (SSC)**

### **6.5.2.1. 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 naturel                                                                         | Fioul                                                                               | Propane                                                                             | Electricité                                                                          | Réseau de chaleur                                                                     |
| Temps de retour investisseur (ans)                     | 18                                                                                  | 14                                                                                  | 10                                                                                  | 10                                                                                   | 15                                                                                    |
| Rejet de CO <sub>2</sub> évité (kg/an)                 | 1 312                                                                               | 1 831                                                                               | 1 561                                                                               | 3 200                                                                                | 1 324                                                                                 |

**Tableau 8 : 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 m<sup>2</sup>. 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).



### 6.5.2.2. Considérations techniques

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

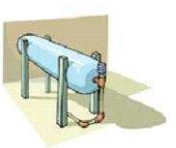
Pour les maisons neuves, toutes les énergies sauf le chauffage urbain (complexité de mise en place) sont prises en compte ; en effet, les coûts sont nettement réduits lorsque l'installation est prévue dès la conception de la maison, ce qui la rend plus attractive même si l'énergie principale de chauffage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

Le nombre total de maisons « cible » est pondéré par la capacité d'investissement des propriétaires (31%) et les coefficients issus de l'analyse sur le patrimoine bâti et des hypothèses sur les toitures masquées ou mal orientées (69%). Pour les maisons ayant une toiture inclinée, 69% sont « éligibles » pour l'installation de capteurs solaires (voir Tableau 4 : Surface de toiture sans aucune contrainte).

La mise en place d'un système solaire combiné impose de trouver un espace dégagé orienté au sud et incliné à plus de 60°, 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.

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

A diagram showing a box with the text "x 69% x 31% x 50%". An arrow points from the box to the right, and another arrow points from the box to the left.

| SYSTEME SOLAIRE COMBINE<br>DANS L'HABITAT EXISTANT |  |  |
|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Nombre total de Maisons<br>(cible totale)          | 154 550                                                                             | 20 966                                                                                |
| Energie utilisée pour l'eau<br>chaude sanitaire    | Fioul                                                                               | Gaz bouteille                                                                         |
| Gisement net SSC<br>(nb d'installations)           | 52 999                                                                              | 7 190                                                                                 |
| Gisement net annuel<br>(nb d'installations)        | 2 650/an                                                                            | 359/an                                                                                |

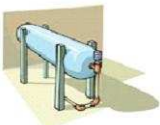
**Tableau 9 : Gisement net pour les systèmes solaires combinés dans les maisons existantes**

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

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

Sur les maisons neuves nous n'appliquons pas de coefficient lié à la complexité d'installer les capteurs à 60° puisqu'il est possible de le prévoir lors de la conception des plans de la maison.

x 69%  
x 31%

| SYSTEME SOLAIRE COMBINE<br>DANS L'HABITAT NEUF  |  |  |  |  |
|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Nombre de Maisons/an<br>(cible totale)          | 2 256/an                                                                          | 4 413/an                                                                          | 602/an                                                                              | 191/an                                                                              |
| Energie utilisée pour le<br>chauffage           | Electricité                                                                       | Gaz naturel                                                                       | Fioul                                                                               | Gaz bouteille                                                                       |
| Gisement net annuel SSC<br>(nb d'installations) | 1 547/an                                                                          | 3 027/an                                                                          | 413/an                                                                              | 131/an                                                                              |

**Tableau 10 : 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.

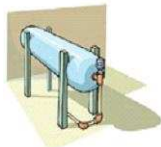
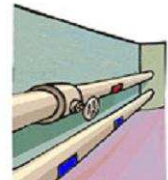
#### ***Rappel des données 2009:***

Dans l'année 2009, le nombre de SSC installé sur les maisons neuves et existantes sur le territoire était de 130 environ.

### **6.5.3. Les chauffe-eau solaires collectifs (CESC)**

#### **6.5.3.1. 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<br>SOLAIRE<br>COLLECTIF       |  |  |  |  |  |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Energie substituée                        | Gaz naturel                                                                         | Fuel                                                                                | Propane                                                                              | Electricité                                                                           | Réseau chaleur                                                                        |
| Temps de retour<br>investisseur (ans)     | 16                                                                                  | 15                                                                                  | 18                                                                                   | 18                                                                                    | 17                                                                                    |
| Rejet de CO <sub>2</sub> évité<br>(kg/an) | 8 405                                                                               | 11 728                                                                              | 9 471                                                                                | 20 500                                                                                | 8 482                                                                                 |
| % subvention<br>(fonds Chaleur)           | 69%                                                                                 | 80%                                                                                 | 23%                                                                                  | 35%                                                                                   | 47%                                                                                   |

**Tableau 11 : 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 m<sup>2</sup> (moyenne des installations existantes). Le fonds de chaleur est calculé pour obtenir un coût de la chaleur vendu moins cher de 10% sur la durée de vie des équipements avec toutefois un plafonnement à 80% de financement. A noter que pour une collectivité, ces temps de retour sur investissement sont beaucoup plus courts, la collectivité ayant la possibilité de récupérer la TVA.

### 6.5.3.2. 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 électriques) 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 69% sont « éligibles » pour l'installation de capteurs solaires.

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

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

x 2 m<sup>2</sup>/logement  
x 42%

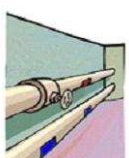
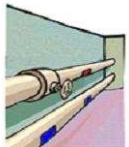
| CHAUFFE-EAU SOLAIRE COLLECTIF DANS LES LOGEMENTS PRIVES EXISTANTS            |  |  |  |
|------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Nombre total de logements                                                    | 9 001                                                                               | 38 361                                                                                | 8 056                                                                                 |
| Energie utilisée pour l'eau chaude sanitaire                                 | Collectif Fioul                                                                     | Collectif Gaz nat.                                                                    | Réseau de chaleur                                                                     |
| Gisement net pour les chauffe-eau solaire collectifs (nb de m <sup>2</sup> ) | 7 616                                                                               | 32 459                                                                                | 6 817                                                                                 |
| Gisement net CESC (nb d'installations)                                       | 80                                                                                  | 342                                                                                   | 72                                                                                    |

Tableau 12 : Gisement net pour les chauffe-eau solaires collectifs sur le parc de logements collectifs privés existants

**Gisement net des chauffe-eau solaires collectifs dans les logements collectifs publics existants (recensement Insee) :**

$x 2 \text{ m}^2/\text{logement}$   
 $x 42\%$

| CHAUFFE-EAU SOLAIRE COLLECTIF DANS LES LOGEMENTS HLM EXISTANTS                    |  |  |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Nombre total de logements                                                         | 6 140                                                                             | 51 013                                                                              | 32 004                                                                              |
| Energie utilisée pour l'eau chaude sanitaire                                      | Collectif Fioul                                                                   | Collectif Gaz nat.                                                                  | Réseau de chaleur                                                                   |
| <b>Gisement net pour les chauffe-eau solaire collectifs (nb de m<sup>2</sup>)</b> | <b>5 196 m<sup>2</sup></b>                                                        | <b>43 165 m<sup>2</sup></b>                                                         | <b>27 080 m<sup>2</sup></b>                                                         |
| <b>Gisement net CESC (nb d'installations)</b>                                     | <b>55</b>                                                                         | <b>454</b>                                                                          | <b>285</b>                                                                          |

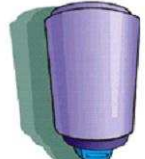
**Tableau 13 : Gisement net pour les chauffe-eau solaires collectifs sur le parc de logements collectifs publics existants**

Un système solaire pour l'eau chaude sanitaire sur un immeuble dont le chauffage de l'eau chaude est déjà **collectif** peut-être mis en œuvre facilement (contrairement au mode de chauffage individuel) dans la mesure où il s'agit de préchauffer l'eau sanitaire et donc d'installer un ballon solaire en amont du préparateur d'eau chaude existant.

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

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

$x 2 \text{ m}^2 \text{ par logement} x 42\%$

| CHAUFFE-EAU SOLAIRE COLLECTIF DANS LES IMMEUBLES NEUFS                                   |  |  |
|------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Nombre de logements/an                                                                   | 1 227/an                                                                              | 2 355/an                                                                              |
| Energie utilisée pour l'eau chaude sanitaire                                             | Gaz nat. Individuel                                                                   | Electricité                                                                           |
| <b>Gisement net annuel pour les chauffe-eau solaire collectifs (nb de m<sup>2</sup>)</b> | <b>1 038 m<sup>2</sup>/an</b>                                                         | <b>1 993 m<sup>2</sup>/an</b>                                                         |
| <b>Gisement net annuel pour les chauffe-eau solaire collectifs (nb d'installations)</b>  | <b>26/an</b>                                                                          | <b>50/an</b>                                                                          |

**Tableau 14 : Gisement net pour les chauffe-eau solaires collectifs sur des immeubles de logements neufs**

## SUR LES BATIMENTS PUBLICS EXISTANTS

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

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

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

Nous avons regroupé ensemble :

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

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

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

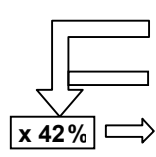
|  | CHAUFFE-EAU SOLAIRE COLLECTIF SUR LES BATIMENTS TERTIAIRES EXISTANTS |  |  |  |
|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                    | Type de bâtiment                                                     | Santé, action sociale (hôpital, foyers, etc.)                                       | Hébergement (hotels, héberg. touristique, etc.)                                      | Bâtiment culture et loisir (salle de sport, club de gym, etc.)                        |
|                                                                                    | Nb d'établissements (cible totale)                                   | 852                                                                                 | 669                                                                                  | 1 279                                                                                 |
|                                                                                    | Installation type (m²)                                               | 60 m²                                                                               | 100 m²                                                                               | 40 m²                                                                                 |
|                                                                                    | Gisement net surface installée (m²)                                  | 21 628 m²                                                                           | 28 304 m²                                                                            | 31 810 m²                                                                             |
|                                                                                    | Gisement net (nb d'installations)                                    | 360                                                                                 | 283                                                                                  | 795                                                                                   |

Tableau 15 : Gisement net pour les chauffe-eau solaires sur des bâtiments publics existants

#### ***Rappel des données 2009:***

Fin 2009, le nombre total d'installations solaires collectives sur le territoire était inférieur à 6 installations.

## SUR LES BATIMENTS PUBLICS NEUFS

Le fichier Sitadel sur les statistiques de la construction nous indique le nombre de bâtiments construits annuellement. Ils sont regroupés par type de bâtiment dans 14 catégories (Enseignement, santé, hébergement), aussi nous retenons qu'une partie de ces bâtiments suivant leur usage et taux d'occupation. Pour le reste la méthode est la même que celle pour les bâtiments publics existants.

### Gisement net des chauffe-eau solaires collectifs dans les bâtiments publics neufs (statistiques de la construction) :

| CHAUFFE-EAU SOLAIRE COLLECTIF SUR LES BATIMENTS NEUFS |  |  |  |  |
|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Type de bâtiment                                      | Les équipements concernant la culture et les loisirs                              | Santé, action sociale (hôpitaux, cliniques, crèche, etc.)                         | Hôtels, motels et autres locaux d'hébergement                                       | Constructions agricoles hors stockage                                               |
| Nb d'établissements (cible totale)                    | 223                                                                               | 136                                                                               | 20                                                                                  | 667                                                                                 |
| Installation type (m²)                                | 100 m²                                                                            | 35 m²                                                                             | 100 m²                                                                              | 20 m²                                                                               |
| Gisement net surface installée (m²)                   | 1 848 m²                                                                          | 1 205 m²                                                                          | 860 m²                                                                              | 2 789 m²                                                                            |
| Gisement net (nb d'installations)                     | 18                                                                                | 34                                                                                | 9                                                                                   | 139                                                                                 |

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

## 6.5.4. Le chauffage des piscines

### 6.5.4.1. 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.

### 6.5.4.2. Considérations techniques

Parmi les 182 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 128 piscines de plus de 200 m² s'élève à 24 039 m².

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

### Gisement net des installations solaires pour les piscines existantes :



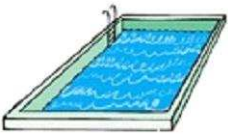
| MOQUETTE SOLAIRE POUR LES BASSINS EXISTANTS                       |  |
|-------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| Type de bâtiment                                                  | Bassins<br>(surface >200)                                                          |
| nb de bassins<br>(cible totale)                                   | 128                                                                                |
| Gisement global pour les moquettes solaires<br>(nb de m²)         | 12 019                                                                             |
| Gisement net annuel<br>surface installée (m²)<br>(5 piscines /an) | 939                                                                                |

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

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

### 6.5.5. Le solaire dans l'industrie

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

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

Ces bâtiments ont été pondérés par les pourcentages obtenus pour les bâtiments industriels (zones d'activité) à partir de l'analyse cartographique (77%). Le résultat a encore été multiplié par 10 %, 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                           | Blanchisserie, industrie alimentaire, etc.                                           |
| Nb d'établissements<br>(cible totale)      | 554                                                                                  |
| Gisement net<br>(nb d'installations)       | 42                                                                                   |

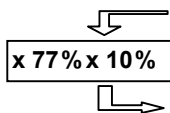

  
x 77% x 10%

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

### 6.5.6. Synthèse des gisements nets des filières solaires thermiques

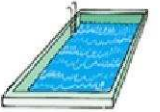
| INSTALLATIONS SOLAIRES<br>THERMIQUES<br>GISEMENTS NETS HORS<br>CONTRAINTES (patrimoniales<br>et techniques) |  |  |  |  |  |  |  | TOTAL                    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
|                                                                                                             |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                    |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                          |
|                                                                                                             |                                                                                   | CHAUFFE-EAU<br>SOLAIRE INDIVIDUEL*                                                | CHAUFFAGE ET EAU<br>CHAUDE SOLAIRE<br>MAISON<br>INDIVIDUELLE**                     | EAU CHAUDE<br>SOLAIRE<br>COLLECTIVE***<br>(privé+HLM)                               | EAU CHAUDE<br>SOLAIRE<br>COLLECTIVE<br>TERTIAIRE                                    | CHAUFFAGE DE<br>L'EAU DES PISCINES                                                  | SOLAIRE TRES<br>HAUTE<br>TEMPERATURE                                                |                          |
| <b>dans l'existant</b>                                                                                      | nombre :                                                                          | 394 166                                                                           | 18 658                                                                             | 1 288                                                                               | 1 439                                                                               | 128                                                                                 | 42                                                                                  | 415 722                  |
|                                                                                                             | surface totale* :                                                                 | 1 773 749 m <sup>2</sup>                                                          | 223 902 m <sup>2</sup>                                                             | 122 332 m <sup>2</sup>                                                              | 81 741 m <sup>2</sup>                                                               | 12 019 m <sup>2</sup>                                                               | 2 125 m <sup>2</sup>                                                                | 2 215 868 m <sup>2</sup> |
|                                                                                                             | MWh/an :                                                                          | <b>665 156</b>                                                                    | <b>89 561</b>                                                                      | <b>51 624</b>                                                                       | <b>40 870</b>                                                                       | <b>3 606</b>                                                                        | <b>897</b>                                                                          | <b>851 714 MWh/an</b>    |
| <b>sur le neuf par an</b>                                                                                   | nombre :                                                                          | 2 686                                                                             | 1 586                                                                              | 32                                                                                  | 201                                                                                 |                                                                                     |                                                                                     | 4 506                    |
|                                                                                                             | surface totale* :                                                                 | 12 089 m <sup>2</sup>                                                             | 19 038 m <sup>2</sup>                                                              | 32 m <sup>2</sup>                                                                   | 6 702 m <sup>2</sup>                                                                |                                                                                     |                                                                                     | 37 860 m <sup>2</sup>    |
|                                                                                                             | MWh/an :                                                                          | <b>4 533</b>                                                                      | <b>7 615</b>                                                                       | <b>13</b>                                                                           | <b>3 351</b>                                                                        |                                                                                     |                                                                                     | <b>15 513 MWh/an</b>     |

\* 4,5 m<sup>2</sup> par installation pour un chauffe-eau solaire

Sources : AXENNE

\*\* 12 m<sup>2</sup> par installation pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire\*\*\* 95 m<sup>2</sup> par installation en moyenne pour l'eau chaude solaire collective

#### Le même tableau sans tenir compte de la capacité financière des maîtres d'ouvrages :

| INSTALLATIONS SOLAIRES<br>THERMIQUES<br>GISEMENTS NETS HORS<br>CONTRAINTES (patrimoniales<br>et techniques) |  |  |  |  |  |  |  | TOTAL                    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
|                                                                                                             |                                                                                    |                                                                                    |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                      |                                                                                      |                                                                                      |                          |
|                                                                                                             |                                                                                    | CHAUFFE-EAU<br>SOLAIRE INDIVIDUEL*                                                 | CHAUFFAGE ET EAU<br>CHAUDE SOLAIRE<br>MAISON<br>INDIVIDUELLE**                      | EAU CHAUDE<br>SOLAIRE<br>COLLECTIVE***<br>(privé+HLM)                                | EAU CHAUDE<br>SOLAIRE<br>COLLECTIVE<br>TERTIAIRE                                     | CHAUFFAGE DE<br>L'EAU DES PISCINES                                                   | SOLAIRE TRES<br>HAUTE<br>TEMPERATURE                                                 |                          |
| <b>dans l'existant</b>                                                                                      | nombre :                                                                           | 804 421                                                                            | 60 189                                                                              | 1 288                                                                                | 1 439                                                                                | 128                                                                                  | 42                                                                                   | 867 507                  |
|                                                                                                             | surface totale* :                                                                  | 3 619 896 m <sup>2</sup>                                                           | 722 264 m <sup>2</sup>                                                              | 122 332 m <sup>2</sup>                                                               | 81 741 m <sup>2</sup>                                                                | 12 019 m <sup>2</sup>                                                                | 2 125 m <sup>2</sup>                                                                 | 4 560 377 m <sup>2</sup> |
|                                                                                                             | MWh/an :                                                                           | <b>1 357 461</b>                                                                   | <b>288 906</b>                                                                      | <b>51 624</b>                                                                        | <b>40 870</b>                                                                        | <b>3 606</b>                                                                         | <b>897</b>                                                                           | <b>1 743 364 MWh/an</b>  |
| <b>sur le neuf par an</b>                                                                                   | nombre :                                                                           | 5 482                                                                              | 5 118                                                                               | 32                                                                                   | 201                                                                                  |                                                                                      |                                                                                      | 10 833                   |
|                                                                                                             | surface totale* :                                                                  | 24 670 m <sup>2</sup>                                                              | 61 412 m <sup>2</sup>                                                               | 32 m <sup>2</sup>                                                                    | 6 702 m <sup>2</sup>                                                                 |                                                                                      |                                                                                      | 92 816 m <sup>2</sup>    |
|                                                                                                             | MWh/an :                                                                           | <b>9 251</b>                                                                       | <b>24 565</b>                                                                       | <b>13</b>                                                                            | <b>3 351</b>                                                                         |                                                                                      |                                                                                      | <b>37 181 MWh/an</b>     |

\* 4,5 m<sup>2</sup> par installation pour un chauffe-eau solaire

Sources : AXENNE

\*\* 12 m<sup>2</sup> par installation pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire\*\*\* 95 m<sup>2</sup> par installation en moyenne pour l'eau chaude solaire collective

## 6.6. LES POTENTIELS PLAUSIBLES DES FILIERES SOLAIRES THERMIQUES

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 m<sup>2</sup> (chauffage, ventilation, éclairage et eau chaude sanitaire) de plus en plus contraignantes<sup>4</sup>, le recours au solaire thermique permet un gain important sur le bilan global et sera même obligatoire si l'on souhaite atteindre la valeur inférieure à 65 kWh/m<sup>2</sup>.an (pour la région Nord-Pas-de-Calais).



Seules les installations de type système solaire combiné<sup>5</sup>, avec une surface très importante, de l'ordre de 20 m<sup>2</sup> 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 2009 | S totale 2009 (m <sup>2</sup> ) | nb total en 2009 seulement | nb/an sur l'existant jusqu'en 2020 | % du gisement sur l'existant en 2020 | % du gisement en 2015 | % du gisement en 2020 | nb total sur le neuf à fin 2020 |
|---------------------------------|-------------------|---------------------------------|----------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------------------|
| CESI                            | 1227              | 7 984                           | 250                        | 1463                               | 2%                                   | 27%                   | 56%                   | 39 668                          |
| SSC                             | 375               | 3 972                           | 130                        | 109                                | 2%                                   | 1%                    | 2%                    | 1 174                           |
| CESC sur les logements privés   | 17                | 765                             | 5                          | 2                                  | 5%                                   | 75%                   | 86%                   | 108                             |
| CESC sur les logements HLM      | 34                | 1 162                           | 9                          | 14                                 | 20%                                  | 77%                   | 87%                   | 217                             |
| CESC hors habitat               | 6                 | 76                              | 5                          | 65                                 | 50%                                  | 72%                   | 84%                   | 2 012                           |
| CESC - agricole                 | 4                 | 2 490                           | 2                          |                                    |                                      |                       |                       |                                 |
| Chauffage de l'eau des piscines | 0                 | 0                               | 0                          | 6                                  | 50%                                  |                       |                       |                                 |

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

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

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

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

<sup>4</sup> 65kWh/m<sup>2</sup>.an pour le label BBC dans les Ardennes

<sup>5</sup> Les systèmes solaires combinés sont installés sur les maisons pour la production du chauffage et de l'eau chaude sanitaire

**Les chauffe-eaux solaires individuels :**

Sur le parc existant : environ 0,2% des maisons identifiées dans les gisements nets (soit 0,1% de l'ensemble du parc) sont actuellement équipées d'une installation solaire, le ratio est fixé à 0,6% en 2015 et 2,0% en 2020. Cela porterait le total à 16000 installations en 2020, soit une progression annuelle de 26%. Les maisons actuellement chauffées au gaz naturel et au gaz propane devraient être les premières à migrer sur cette solution. Ces chiffres ambitieux seront atteints avec l'augmentation du coût des énergies fossiles qui engagera notamment les particuliers à opter pour une installation solaire. Ce fixer un objectif plus ambitieux entraînerait une progression annuelle supérieure à 30 % qu'il serait difficile d'atteindre.

Sur le parc neuf : compte tenu de la réglementation, dès 2014, 30% des maisons identifiées dans les gisements nets (soit 20 % des maisons neuves) optent pour un chauffe-eau solaire et le ratio atteint 100 % en 2020.

**Les systèmes solaires combinés :**

Sur le parc existant : environ 0,6% des maisons identifiées dans les gisements nets (soit 0,03% de l'ensemble du parc) sont actuellement équipées d'un système solaire combiné, le ratio est fixé à 1,2% en 2015 et 2,0% en 2020. Cela porterait au total à 1200 installations en 2020, soit une progression annuelle de 11%. Les maisons chauffées au fuel (154 550) et au gaz propane (20 966) devront en priorité trouver des solutions de substitution à l'horizon 2020. Les systèmes solaires combinés sont une des solutions pour le chauffage des maisons, nous avons considéré ici que cela serait un choix de près de 0,1% des propriétaires (les autres s'orienteront sur la géothermie, le bois énergie ou encore les pompes à chaleur).

Sur le parc neuf : compte tenu des faibles besoins de chauffage des futures habitations, le ratio est fixé à 5% jusqu'en 2014, puis plus aucune installation de ce type à partir de 2015 dans le neuf.

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

Sur le parc privé existant : environ 3,4% des immeubles de logement identifiés dans les gisements nets sont actuellement équipés d'un chauffe-eau solaire collectif. Le ratio est fixé à 4,2% des gisements nets en 2015 et 5,0% en 2020. Cela porterait le total à 25 installations en 2020, soit une progression annuelle de 3%. Cela peut paraître modeste, toutefois les immeubles de logements du secteur privé sont les plus difficiles à convaincre (une seule date pour entamer les démarches : la réunion des copropriétaires, les syndicats de copropriété comme interlocuteur, etc.).

Sur le parc neuf : les promoteurs vont être obligés d'installer des équipements performants pour le chauffage et la production d'eau chaude sanitaire. Les installations solaires collectives sont une réponse adaptée au futur label BBC. Dès 2012, le ratio proposé atteint 100 % des gisements nets identifiés.



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

Sur le parc existant : environ 4,3% des immeubles de logement identifiés dans les gisements nets sont actuellement équipés d'un chauffe-eau solaire collectif. Le ratio est fixé à 10% des gisements nets en 2015 et 20% en 2020. Cela porterait le total à 160 installations en 2020 soit une progression annuelle de 15%. L'objectif est ambitieux puisque cela revient à réaliser plus de 15 installations par an pendant 10 ans. Toutefois, sur le parc des logements sociaux, un objectif de rénovation a été annoncé et les maîtres d'ouvrages sont plutôt motivés.

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

### Les chauffe-eaux solaires collectifs hors logements :

Sur le parc existant : l'objectif est de réaliser 50 installations à l'horizon 2020 (sur des hôtels, des foyers d'accueil, des gymnases, etc.). Il n'y a que six installations à fin 2009 et la cible atteignable ne serait que de 1 439 installations, aussi le chiffre est ambitieux puisqu'il s'agit d'équiper 3,5 % des bâtiments susceptibles d'être équipés d'un chauffe-eau solaire.

Sur le parc neuf : les promoteurs vont être obligés d'installer des équipements performants pour le chauffage et la production d'eau chaude sanitaire. Les installations solaires collectives sont une réponse adaptée au futur label BBC. Dès 2012, le ratio proposé atteint 100 % des gisements nets identifiés.

### Les chauffe-eaux solaires collectifs dans l'industrie :

Sur le parc existant : l'objectif est de réaliser 10 opérations exemplaires avec des maîtres d'ouvrages motivés.

| <b>Solaire thermique neuf :</b> |                   |       |                   |                   |                   |
|---------------------------------|-------------------|-------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Nature                          | Cible_par_an_neuf | m²/nb | Ratio_equipe_2009 | Ratio_equipe_2016 | Ratio_equipe_2021 |
| CESI                            | 5 482             | 6,5   | 0,46%             | 87%               | 100%              |
| SSC                             | 5 118             | 11    | 2,29%             | 0%                | 0%                |
| CESC sur les logements privés   | 11                | 45    | 14,10%            | 100%              | 100%              |
| CESC sur les logements HLM      | 21                | 34    | 21,16%            | 100%              | 100%              |
| CESC hors habitat               | 201               | 13    | 1,24%             | 100%              | 100%              |
| Industries                      |                   |       |                   |                   |                   |
|                                 |                   |       |                   |                   |                   |
| Nature                          | Nb instal.        |       | Nb instal.        |                   |                   |
|                                 | 2009              |       | 2016              |                   |                   |
| CESI                            | 25                |       | 4751              |                   |                   |
| SSC                             | 117               |       | 0                 |                   |                   |
| CESC sur les logements privés   | 2                 |       | 11                |                   |                   |
| CESC sur les logements HLM      | 5                 |       | 21                |                   |                   |
| CESC hors habitat               | 3                 |       | 201               |                   |                   |
| Industries                      |                   |       |                   |                   |                   |

| <b>Solaire thermique existant :</b> |                        | 2009                 | 2015                 | 2020                 | Taux annuel    |
|-------------------------------------|------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------|
| Nature                              | Cible totale existante | Ratio_equip_tot_2009 | Ratio_equip_tot_2015 | Ratio_equip_tot_2020 |                |
| CESI                                | 804 421                | 0,2%                 | 0,6%                 | <b>2,0%</b>          | <b>26%</b>     |
| SSC                                 | 60 189                 | 0,6%                 | 1,2%                 | <b>2,0%</b>          | <b>11%</b>     |
| CESC sur les logements privés       | 494                    | 3,4%                 | 4,2%                 | <b>5,0%</b>          | <b>3%</b>      |
| CESC sur les logements HLM          | 794                    | 4,3%                 | 10%                  | <b>20%</b>           | <b>15%</b>     |
| CESC hors habitat                   | 1 439                  | 0,4%                 | 1,3%                 | <b>3,5%</b>          | <b>21%</b>     |
| Chauffage de l'eau des piscines     | 128                    | 0,0%                 |                      | <b>50,0%</b>         | <b>#DIV/0!</b> |
| Industries                          | 42                     | 2,4%                 | 8,4%                 | <b>24,0%</b>         | <b>24%</b>     |

| Nature                          | Nb instal tot 2009 | Nb instal. tot. 2015 | Nb instal. tot. 2020 |
|---------------------------------|--------------------|----------------------|----------------------|
| CESI                            | 1227               | 4979                 | 16000                |
| SSC                             | 375                | 707                  | 1200                 |
| CESC sur les logements privés   | 17                 | 21                   | 25                   |
| CESC sur les logements HLM      | 34                 | 79                   | 160                  |
| CESC hors habitat               | 6                  | 19                   | 50                   |
| Chauffage de l'eau des piscines | 0                  |                      | 64                   |
| Industries                      | 1                  | 4                    | 10                   |



| 2020                                  | Proposition d'un objectif<br>en % du gisement identifié |               |                      |                                  |               |                     | Réalisation à<br>fin<br>2010 | Réalisation<br>entre<br>2010<br>2020 | Réalisations<br>par an entre<br>2010<br>2020 | Production<br>totale en<br>2020 | t CO <sub>2</sub> évité<br>/an en<br>2020 | Nb d'emplois<br>liés à la fabric.<br>et l'inst. | Nb d'emplois<br>annuels liés à<br>l'exploit. |
|---------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------|----------------------|----------------------------------|---------------|---------------------|------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------|
|                                       | SUR L'EXISTANT                                          |               |                      | SUR LE NEUF (réalisation par an) |               |                     | MWh/an                       | MWh/an                               | nb/an                                        | MWh/an                          | t CO <sub>2</sub>                         | nb<br>d'emplois                                 | nb<br>d'emplois                              |
|                                       | %                                                       | nb<br>d'inst. | MWh/an               | %                                | nb<br>d'inst. | MWh/an              |                              |                                      |                                              |                                 |                                           |                                                 |                                              |
| <b>Solaire thermique</b>              |                                                         |               |                      |                                  |               |                     |                              |                                      |                                              |                                 |                                           |                                                 |                                              |
| CESI                                  | 2%                                                      | 16 000        | 27 000 MWh/an        | 56%                              | 3 053         | 5 153 MWh/an        |                              | 78 525                               | 4 653                                        |                                 | 10 994                                    |                                                 |                                              |
| SSC                                   | 2%                                                      | 1 200         | 5 760 MWh/an         | 2%                               | 85            | 410 MWh/an          |                              | 9 857                                | 205                                          |                                 | 2 661                                     |                                                 |                                              |
| CESC sur les logements privés         | 5%                                                      | 25            | 989 MWh/an           | 86%                              | 27            | 12 MWh/an           |                              | 1 105                                | 30                                           | 1 105                           | 155                                       | 17                                              | 0,2                                          |
| CESC sur les logements HLM            | 20%                                                     | 160           | 6 414 MWh/an         |                                  |               |                     |                              | 6 414                                | 16                                           | 6 414                           | 898                                       | 98                                              | 1,3                                          |
| CESC hors habitat                     | 3%                                                      | 50            | 1 420 MWh/an         | 84%                              | 168           | 2 799 MWh/an        |                              | 29 414                               | 173                                          | 29 414                          | 4 118                                     | 381                                             | 6,1                                          |
| Chauffage de l'eau des piscines       | 50%                                                     | 64            | 1 803 MWh/an         |                                  |               |                     |                              | 1 803                                | 6                                            | 1 803                           | 252                                       | 39                                              | 0,4                                          |
| Industries                            | 24%                                                     | 10            | 215 MWh/an           |                                  |               |                     |                              | 215                                  | 1                                            | 215                             |                                           |                                                 |                                              |
| <b>Sous-total solaire thermique :</b> |                                                         | <b>17 509</b> | <b>43 602 MWh/an</b> |                                  | <b>3 334</b>  | <b>8 373 MWh/an</b> | <b>6 479</b>                 | <b>127 334</b>                       | <b>5 085</b>                                 | <b>133 813</b>                  | <b>19 316</b>                             | <b>535</b>                                      | <b>8</b>                                     |

## 6.7. LES POTENTIELS NETS DES FILIERES PHOTOVOLTAÏQUES

### 6.7.1. Considérations économiques

Nous indiquons ci-après les temps de retour sur investissement d'une installation photovoltaïque pour les différents acteurs et suivant le tarif d'achat de l'électricité photovoltaïque (intégration au bâti ou intégration simplifiée) :

| INSTALLATION PHOTO-VOLTAÏQUE       | <br>Habitat individuel |              | <br>Collectivité |                                 | <br>Enseignement et santé | <br>Entreprise |                                 | <br>Centrale photovoltaïque |
|------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Cas de figure                      | Maison > 2 ans (TVA réduite)                                                                            | Maison neuve | Intégration simplifiée (37c€/kWh)                                                                 | Intégration au bâti (44 c€/kWh) | Enseignement et santé (51c€/kWh)                                                                            | Intégration simplifiée (37c€/kWh)                                                                 | Intégration au bâti (44 c€/kWh) | Centrale photovoltaïque                                                                                        |
| Temps de retour investisseur (ans) | 14                                                                                                      | 17           | 21                                                                                                | 19                              | 18                                                                                                          | 21                                                                                                | 18                              | 14                                                                                                             |

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

Ces temps de retour sur investissement tiennent compte du tarif d'achat de l'électricité photovoltaïque (septembre 2010), des subventions de la Région et du crédit d'impôt pour les installations individuelles sur des habitations principales (25% depuis le 29 septembre 2010) :

- tarif d'achat à compter du **14 septembre 2010**:
  - 58 c€/kWh pour une installation intégrée en toiture sur une maison à usage de résidence principale (pour une puissance inférieure ou égale à 3kWc
  - 51 c€/kWh si les bâtiments ont plus de deux ans pour les établissements de santé et d'enseignement,
  - 44 c€/kWh pour une installation intégrée en toiture sur un bâtiment de plus de deux ans,
  - 37 c€/kWh, pour une installation en intégration simplifiée sur un bâtiment neuf clos couvert sur au moins trois côtés.
- pas de subvention de la région.
- crédit d'impôt de 25 % du montant de l'opération hors pose pour les particuliers.

### 6.7.2. Le photovoltaïque sur les maisons

#### 6.7.2.1. Considération technique

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 d'un tarif d'achat très intéressant et du crédit d'impôt) 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

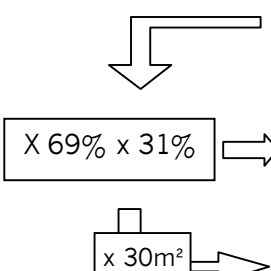
beaucoup plus intéressant. Le coefficient affecté pour calculer le gisement net est le même que pour les habitations existantes.

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 69% sont situées en zone non contrainte pour l'installation de capteurs solaires photovoltaïques. La capacité financière des ménages est également prise en compte (dans la région 31% des propriétaires peuvent investir dans une installation photovoltaïque)

Pour tenir compte du fait qu'au-delà de 30 m<sup>2</sup> 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 m<sup>2</sup> pour chaque installation.

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

|                                                                          | PHOTOVOLTAÏQUE DANS L'HABITAT INDIVIDUEL EXISTANT |  |  |  |
|--------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|--|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                          |                                                   |  | 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)                                 |                                                   |  | 1 174 123                                                                          | 8 000/an                                                                            |
| Gisement net pour les installations photovoltaïques (nb d'installations) |                                                   |  | 805 271                                                                            | 5 487/an                                                                            |
| Gisement net (m <sup>2</sup> de toiture exploitable)                     |                                                   |  | 24 158 145                                                                         | 164 604/an                                                                          |



**Tableau 20 : Gisement net des installations photovoltaïques sur les maisons**

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

***Rappel des données 2008:***

En 2009, le nombre total d'installations photovoltaïques individuelles réalisé sur le territoire a été de 1209 environ.

### 6.7.3. Le photovoltaïque raccordé au réseau 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 lots vendus et les revenus de la vente de l'électricité venir en déduction des charges de copropriétaires. 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 37 cts€/kWh. Sur un immeuble existant, la démarche peut être un peu plus compliquée, mais le tarif est de 44 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. Il s'agit aussi bien des immeubles de logements que des immeubles tertiaires (bureaux, hopitaux, bâtiments sportifs, etc.).

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 (42% pour les immeubles et 61% pour les bâtiments sportifs). Un autre coefficient leur est appliqué :

- de 40% pour les immeubles quelque soit la toiture (terrasse ou inclinée), puisque dans le premier cas il faut tenir compte des lanterneaux, conduits de ventilation et cages d'ascenseur et dans le second cas, seul un pan de la toiture est équipé et il faut tenir compte de la présence d'une éventuelle cheminée ou de velux,
- de 60% sur les bâtiments sportifs qui sont généralement moins contraints par les lanterneaux, conduits de ventilation et cages d'ascenseur.

#### Gisement net des installations photovoltaïques sur les immeubles existants (cartographie des bâtiments) :

| PHOTOVOLTAÏQUE SUR LES BATIMENTS EXISTANTS                                          |  |  |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Type de Bâtiment                                                                    |  | Immeuble<br>(logements, bureaux, hopitaux, etc.)                                     | Bâtiments sportifs & tribunes                                                         |
| Nombre de m <sup>2</sup> de toiture<br>(cible totale)                               |  | 54 909 823                                                                           | 2 328 598                                                                             |
| <b>Gisement net</b><br>(nb m <sup>2</sup> de toiture exploitable)                   |  | 9 292 350                                                                            | 850 199                                                                               |
| <b>Gisement net pour les installations photovoltaïques</b><br>(nb d'installations)* |  | <b>46 500</b>                                                                        | <b>1 700</b>                                                                          |

\*200 m<sup>2</sup> sur un immeuble, 500 m<sup>2</sup> sur un bâtiment sportif

Immeuble : x 42% x 40%  
Bât. sportif : x 61% x 60%

Tableau 21 : Gisement net pour les installations photovoltaïques sur les immeubles existants

**Rappel des données 2008:**

En 2009, 7 installations photovoltaïques ont été réalisées sur des immeubles et 14 sur des bâtiments sportifs.

**Gisement net des installations photovoltaïques sur les immeubles neufs (statistique de la construction) :**

Les données sur la statistique de la construction nous indiquent le nombre de m<sup>2</sup> construit chaque année par typologie d'immeuble. Nous prenons une hypothèse sur le nombre d'étages par catégorie d'immeuble et ensuite la démarche est ici la même que pour les bâtiments existants.

| PHOTOVOLTAIQUE SUR<br>LES BATIMENTS NEUFS                   | <br>Immeubles | <br>Enseignement | <br>Culture et loisirs |
|-------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                             | Type de bâtiment                                                                               | Bâtiments d'enseignement (collège, lycée, université, etc.)                                        | Les équipements concernant la culture et les loisirs                                                      |
| m <sup>2</sup> SHON construits par an (cible totale)        | 677 973/an                                                                                     | 167 036/an                                                                                         | 126 614/an                                                                                                |
| Gisement net par an (m <sup>2</sup> de toiture exploitable) | 28 683/an                                                                                      | 4 122/an                                                                                           | 2 362/an                                                                                                  |
| Gisement net (nb d'installations)                           | 143                                                                                            | 21                                                                                                 | 5                                                                                                         |

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

Pour les immeubles le nombre de m<sup>2</sup> de SHON est divisé par le nombre d'étages moyen par immeuble constaté sur le territoire (4 en moyenne) puis on applique le coefficient issu de l'analyse sur les contraintes (42%) et enfin, on ne retient que 40 % de cette surface pour tenir compte des équipements en toiture. Pour les bâtiments d'enseignement de culture et loisirs, un coefficient supplémentaire tient compte du fait que tous les bâtiments ne sont pas exploités.

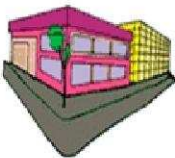


### 6.7.4. Le photovoltaïque raccordé au réseau sur les grands bâtiments

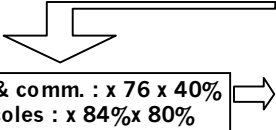
Les bâtiments ont été sélectionnés pour leur surface de toiture importante et pour l'aspect démonstratif. Au-delà d'un objectif de production d'électricité, le maître d'ouvrage pourra mettre en valeur l'installation photovoltaïque. La fréquentation des sites étant importante et hétéroclite, il sera possible 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 (77% pour les bâtiments industriels et commerciaux et 84% pour les bâtiments agricoles). Nous avons également tenu compte d'un coefficient d'occupation des modules photovoltaïques (40 % sur les toitures industrielles et commerciales et 80% sur les toitures agricoles).

#### Gisement net des installations photovoltaïques sur les grands bâtiments existants (cartographie des bâtiments) :

| PHOTOVOLTAÏQUE SUR LES GRANDES TOITURES                                          |  |  |  |
|----------------------------------------------------------------------------------|--|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Type de Bâtiment                                                                 |  | Bâtiments industriels et commerciaux                                                | Bâtiments agricoles                                                                  |
| Nombre de m <sup>2</sup> de toiture (cible totale)                               |  | 86 728 419                                                                          | 2 597 513                                                                            |
| <b>Gisement net (nb m<sup>2</sup> de toiture exploitable)</b>                    |  | 26 426 404                                                                          | 1 737 209                                                                            |
| <b>Gisement net pour les installations photovoltaïques (nb d'installations)*</b> |  | <b>13 200</b>                                                                       | <b>900</b>                                                                           |

\*2000 m<sup>2</sup> par installation



Bât. indus. & comm. : x 76 x 40%  
 Bât. agricoles : x 84% x 80%

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



### Gisement net des installations photovoltaïques sur les grands bâtiments neufs (statistique de la construction) :

Sur les grands bâtiments, la démarche est la même que sur les immeubles neufs.

| PHOTOVOLTAÏQUE SUR<br>LES GRANDES TOITURES<br>NEUVES       |  |  |  |
|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                            | Grands<br>bâtiments                                                               | Agricole                                                                           | Stockage                                                                            |
| Type de Bâtiment                                           | Bâtiments<br>industriels et<br>commerciaux                                        | Bâtiments<br>agricoles                                                             | Bâtiments de<br>stockage<br>(agricole et non<br>agricole)                           |
| Nombre de m <sup>2</sup> de toiture<br>(cible totale)      | 1 190 733/an                                                                      | 438 063/an                                                                         | 291 251/an                                                                          |
| Gisement net<br>(nb m <sup>2</sup> de toiture exploitable) | <b>124 602/an</b>                                                                 | <b>183 110/an</b>                                                                  | <b>57 401/an</b>                                                                    |
| Gisement net<br>(nb d'installations)                       | 60                                                                                | 90                                                                                 | 30                                                                                  |

**Tableau 24 : Gisement net pour les installations photovoltaïques sur les grands bâtiments neufs**

#### **6.7.5. Les abris-pluie**

Une étude sur l'occupation du sol sur les zones commerciales en dehors des zones urbaines denses a permis de déterminer la surface des abris-pluie par rapport aux surfaces de toiture des bâtiments<sup>6</sup>.

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



Le rapport retenu est de 40 % : pour 2 260 188 mètres carrés de toiture de bâtiments commerciaux il est possible d'exploiter 524 559 m<sup>2</sup> d'abris-pluie.

Sur les abris-pluie la technologie est généralement en polycristallin et le ratio retenu est de 120Wc/m<sup>2</sup> (toute la surface peut-être exploitée).

La production potentielle nette est de 55 079 MWh/an.

#### **6.7.6. Les centrales au sol**

Sur l'ensemble du territoire, 19 projets sont à l'étude, ils totalisent une puissance de 62 947 kW pour une production potentielle de 59 630 MWh/an.



<sup>6</sup> Etude du potentiel de production d'électricité d'origine solaire en région PACA – AXENNE© 2009 pour le compte de l'ADEME PACA

### 6.7.7. Synthèse des gisements nets des filières solaires thermiques

| INSTALLATIONS PHOTOVOLTAIQUES<br>GISEMENTS NETS HORS<br>CONTRAINTES (patrimoniale<br>et techniques) |  |  |  |  |  |  |  |  | TOTAL                                                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
|                                                                                                     |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                          |
| dans l'existant                                                                                     | nombre :<br>surface totale :<br>MWh/an :                                          | 249 634<br>7 489 025 m <sup>2</sup><br>655 290                                    | 46 500<br>9 292 350 m <sup>2</sup><br>406 540                                     | 1 700<br>850 199 m <sup>2</sup><br>89 271                                           | 13 200<br>26 426 404 m <sup>2</sup><br>1 057 056                                    | 900<br>1 737 209 m <sup>2</sup><br>182 407                                          | 123<br>524 559 m <sup>2</sup><br>55 079                                             | 19<br>670 000 m <sup>2</sup><br>59 630                                              | 312 076<br>46 989 745 m <sup>2</sup><br>2 505 273 MWh/an |
| sur le neuf par an                                                                                  | nombre :<br>surface totale :<br>MWh/an :                                          | 1 701<br>51 027 m <sup>2</sup><br>4 465                                           | 143<br>32 806 m <sup>2</sup><br>1 435                                             | 25<br>6 484 m <sup>2</sup><br>681                                                   | 90<br>182 003 m <sup>2</sup><br>9 002                                               | 90<br>183 110 m <sup>2</sup><br>19 227                                              |                                                                                     |                                                                                     | 455 430 m <sup>2</sup><br>34 810 MWh/an                  |

\* 3 kWc par installation dans l'habitat

Sources : AXENNE

\*\* 20 kWc par installation en collectif

### Le même tableau sans tenir compte de la capacité financière des maîtres d'ouvrages :

| INSTALLATIONS PHOTOVOLTAIQUES<br>GISEMENTS NETS HORS<br>CONTRAINTES (patrimoniale<br>et techniques) |  |  |  |  |  |  |  |  | TOTAL                                                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
|                                                                                                     |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                          |
| dans l'existant                                                                                     | nombre :<br>surface totale :<br>MWh/an :                                          | 805 271<br>24 158 145 m <sup>2</sup><br>2 113 838                                 | 46 500<br>9 292 350 m <sup>2</sup><br>406 540                                     | 1 700<br>850 199 m <sup>2</sup><br>89 271                                           | 13 200<br>26 426 404 m <sup>2</sup><br>1 057 056                                    | 900<br>1 737 209 m <sup>2</sup><br>182 407                                          | 123<br>524 559 m <sup>2</sup><br>55 079                                             | 19<br>670 000 m <sup>2</sup><br>59 630                                              | 867 713<br>63 658 865 m <sup>2</sup><br>3 963 821 MWh/an |
| sur le neuf par an                                                                                  | nombre :<br>surface totale :<br>MWh/an :                                          | 5 487<br>164 604 m <sup>2</sup><br>14 403                                         | 143<br>32 806 m <sup>2</sup><br>1 435                                             | 25<br>6 484 m <sup>2</sup><br>681                                                   | 90<br>182 003 m <sup>2</sup><br>9 002                                               | 90<br>183 110 m <sup>2</sup><br>19 227                                              |                                                                                     |                                                                                     | 569 006 m <sup>2</sup><br>44 748 MWh/an                  |

\* 3 kWc par installation dans l'habitat

Sources : AXENNE

\*\* 20 kWc par installation en collectif

## 6.8. LES POTENTIELS PLAUSIBLES DES FILIERES PHOTOVOLTAÏQUES

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 m<sup>2</sup> (la production photovoltaïque vient en partie en déduction des besoins énergétiques du bâtiment), d'autre part cela permettra de tendre petit à petit vers des bâtiments à énergie positive.

| <b>BILAN PV :</b>                       |                  |                    |                                    |                                      |                       |                       |                                 |
|-----------------------------------------|------------------|--------------------|------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------------------|
|                                         | nb total en 2009 | P total 2009 (kWc) | nb/an sur l'existant jusqu'en 2020 | % du gisement sur l'existant en 2020 | % du gisement en 2015 | % du gisement en 2020 | nb total sur le neuf à fin 2020 |
| Maison individuelle                     | 1209             | 3422               | 95                                 | 0%                                   | 41%                   | 64%                   | 14 127                          |
| Bâtiments                               | 67               | 1367               | 73                                 | 2%                                   | 31%                   | 58%                   | 1 141                           |
| Enseignement / équipements sportif      | 6                | 180                | 3                                  | 2%                                   | 28%                   | 57%                   | 151                             |
| Grandes toitures (industrielles, stock) | 4                | 747                | 45                                 | 4%                                   | 12%                   | 47%                   | 416                             |
| Bâtiments agricoles                     | 25               | 1321               | 36                                 | 44%                                  | 65%                   | 82%                   | 856                             |
| Ombrières de parking                    |                  |                    | 1                                  | 5%                                   |                       |                       |                                 |
| Centrales photovoltaïques               |                  |                    | 1                                  | 50%                                  |                       |                       |                                 |

### Les installations photovoltaïques sur les habitations :

Sur le parc existant : environ 0,24% des maisons identifiées dans les gisements nets (soit 0,05% de l'ensemble du parc) sont actuellement équipées d'une installation photovoltaïque, le ratio est fixé à 0,4% des gisements nets en 2015 et 0,5% des gisements nets en 2020. Cela porterait le total à 1240 installations en 2020, soit une

progression annuelle de 7%. Ces chiffres ambitieux supposent que la baisse du tarif annoncée après 2012 sera compensée par la baisse du coût des modules.

Sur le parc neuf : compte tenu de la réglementation, en 2020, 100 % des maisons identifiées dans les gisements nets (soit 20 % des maisons neuves) optent pour une installation photovoltaïque. La progression est linéaire de 2010 à 2020.

#### **Les installations photovoltaïques sur les bâtiments (logement et tertiaire) :**

Sur le parc existant : 0,20% des immeubles identifiés dans les gisements nets sont actuellement équipés d'une installation photovoltaïque. L'objectif est de réaliser le ratio est fixé à 0,65% des gisements nets en 2015 et 1,7% des gisements nets en 2020. Cela porterait le total à 800 installations en 2020, soit une progression annuelle de 21%. Ces chiffres ambitieux supposent que la baisse du tarif annoncée après 2012 sera compensée par la baisse du coût des modules.

Sur le parc neuf : compte tenu de la réglementation, à partir de 2012, 20% des immeubles neufs sont équipés puis ce pourcentage augmente graduellement jusqu'à 100% en 2020 (soit 42 % des immeubles neufs). La progression est linéaire de 2010 à 2020.

#### **Les installations photovoltaïques sur les bâtiments d'enseignement et sportifs :**

Sur le parc existant : environ 6 installations ont été réalisées sur des bâtiments collectifs en 2009. L'objectif est de réaliser 30 installations à l'horizon 2020.

Sur le parc neuf : compte tenu de la réglementation, à partir de 2012, 20% des immeubles neufs sont équipés puis ce pourcentage augmente graduellement jusqu'à 100% en 2020. La progression est linéaire de 2012 à 2020.

#### **Les installations photovoltaïques sur les bâtiments industriels :**

Sur le parc existant : à fin 2009, 0,03% des bâtiments industriels sont équipés d'une installation photovoltaïque, l'objectif est d'atteindre 4% en 2020, soit 500 installations.

Sur le parc neuf : l'objectif est d'équiper 2% des bâtiments neufs en 2012 puis jusqu'à 100% à l'horizon 2020. La progression est linéaire de 2010 à 2020.

#### **Les installations photovoltaïques sur les bâtiments agricoles :**

Sur le parc existant : l'objectif est de réaliser 400 installations à l'horizon 2020.

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



| <b>Photovoltaïque neuf</b>                 |                   |        | 2009              | 2015              | 2020              |
|--------------------------------------------|-------------------|--------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Nature                                     | Cible_par_an_neuf | kWc/nb | Ratio_equipe_2009 | Ratio_equipe_2015 | Ratio_equipe_2020 |
| Maison individuelle                        | 1 701             | 2,8    | 6%                | 57%               | <b>100%</b>       |
| Bâtiments                                  | 143               | 20,4   | 21%               | 50%               | <b>100%</b>       |
| Enseignement / équipements sport           | 25                | 30,0   | 6%                | 53%               | <b>100%</b>       |
| Grandes toitures (industrielles, stock)    | 90                | 186,8  | 1%                | 39%               | <b>100%</b>       |
| Bâtiments agricoles                        | 90                | 52,8   | 0,00              | 1,00              | 1,00              |
|                                            |                   |        |                   |                   |                   |
| Nature                                     |                   |        | Nb instal. 2009   | Nb instal. 2015   | Nb instal. 2020   |
| Maison individuelle                        |                   |        | 104               | 975               | 1701              |
| Bâtiments                                  |                   |        | 30                | 72                | 143               |
| Enseignement / équipements sportifs        |                   |        | 2                 | 13                | 25                |
| Grandes toitures (industrielles, stockage) |                   |        | 1                 | 35                | 90                |
| Bâtiments agricoles                        |                   |        | 0                 | 90                | 90                |

| <b>Photovoltaïque existant</b>             |                        |        | 2009                 | 2015                 | 2020                 |
|--------------------------------------------|------------------------|--------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Nature                                     | Cible totale existante | kWc/nb | Ratio_equip_tot_2009 | Ratio_equip_tot_2015 | Ratio_equip_tot_2020 |
| Maison individuelle                        | 249 634                | 2,8    | 0,24%                | 0,4%                 | 0,5%                 |
| Bâtiments                                  | 46 500                 | 20,4   | 0,14%                | 0,56%                | 1,7%                 |
| Enseignement / équipements sport           | 1 700                  | 30,0   | 0,35%                | 0,85%                | 2%                   |
| Grandes toitures (industrielles, stock)    | 13 200                 | 186,8  | 0,03%                | 0,4%                 | 4%                   |
| Bâtiments agricoles                        | 900                    | 52,8   | 3%                   | 13%                  | 44%                  |
| Ombrières de parking                       | 123                    | 0,0    | 0%                   | 3%                   | 5%                   |
| Centrales photovoltaïques                  | 19                     | 0,0    | 0%                   | 25%                  | 50%                  |
|                                            |                        |        |                      |                      |                      |
| Nature                                     |                        |        | Nb instal tot 2009   | Nb instal. tot. 2015 | Nb instal. tot. 2020 |
| Maison individuelle                        |                        |        | 605                  | 895                  | 1240                 |
| Bâtiments                                  |                        |        | 34                   | 259                  | 800                  |
| Enseignement / équipements sportifs        |                        |        | 3                    | 14                   | 30                   |
| Grandes toitures (industrielles, stockage) |                        |        | 3                    | 56                   | 500                  |
| Bâtiments agricoles                        |                        |        | 25                   | 113                  | 400                  |
| Ombrières de parking                       |                        |        | 0                    | 3                    | 6                    |
| Centrales photovoltaïques                  |                        |        | 0                    | 5                    | 10                   |

## 6.9. 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 2050.

Il est ici présenté à l'horizon 2020 (il existe aussi à l'horizon 2050) avec les objectifs déterminés ci-dessus pour toutes les filières.

| 2020                                       | Proposition d'un objectif<br>en % du gisement identifié |               |                       |                                  |               |                     | Réalisation à<br>fin<br>2010 | Réalisation<br>entre<br>2010<br>2020 | Réalisations<br>par an entre<br>2010<br>2020 | Production<br>totale en<br>2020 | t CO <sub>2</sub> évité<br>/an en<br>2020 | Nb d'emplois<br>liés à la fabric.<br>et l'inst. | Nb d'emplois<br>annuels liés à<br>l'exploit. |
|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------|-----------------------|----------------------------------|---------------|---------------------|------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------|
|                                            | SUR L'EXISTANT                                          |               |                       | SUR LE NEUF (réalisation par an) |               |                     | MWh/an                       | MWh/an                               | nb/an                                        | MWh/an                          | t CO <sub>2</sub>                         | nb<br>d'emplois                                 | nb<br>d'emplois                              |
|                                            | %                                                       | nb<br>d'inst. | MWh/an                | %                                | nb<br>d'inst. | MWh/an              |                              |                                      |                                              |                                 |                                           |                                                 |                                              |
| <b>Photovoltaïque</b>                      |                                                         |               |                       |                                  |               |                     |                              |                                      |                                              |                                 |                                           |                                                 |                                              |
| Maison individuelle                        | 0%                                                      | 1 240         | 3 255 MWh/an          | 64%                              | 1 095         | 2 874 MWh/an        |                              | 31 991                               | 1 219                                        |                                 | 9 597                                     |                                                 |                                              |
| Bâtiments                                  | 2%                                                      | 800           | 6 994 MWh/an          | 58%                              | 84            | 837 MWh/an          |                              | 15 368                               | 164                                          | 15 368                          | 4 610                                     | 527                                             |                                              |
| Enseignement / équipements sportifs        | 2%                                                      | 30            | 1 575 MWh/an          | 57%                              | 15            | 391 MWh/an          |                              | 5 484                                | 18                                           | 5 484                           | 1 645                                     | 188                                             |                                              |
| Grandes toitures (industrielles, stockage) | 4%                                                      | 500           | 40 040 MWh/an         | 47%                              | 43            | 4 263 MWh/an        |                              | 82 672                               | 93                                           | 82 672                          | 24 801                                    | 2 834                                           |                                              |
| Bâtiments agricoles                        | 44%                                                     | 400           | 81 070 MWh/an         |                                  |               |                     |                              | 81 070                               | 40                                           | 81 070                          | 23 105                                    | 2 780                                           |                                              |
| Ombrières de parking                       | 5%                                                      | 6             | 2 754 MWh/an          |                                  |               |                     |                              | 2 754                                | 1                                            | 2 754                           | 785                                       | 94                                              |                                              |
| Centrales photovoltaïques                  | 50%                                                     | 10            | 29 815 MWh/an         |                                  |               |                     |                              | 29 815                               | 1                                            | 29 815                          |                                           |                                                 |                                              |
| <b>Sous-total solaire photovoltaïque :</b> |                                                         | <b>2 976</b>  | <b>135 688 MWh/an</b> |                                  | <b>1 236</b>  | <b>8 365 MWh/an</b> | <b>6 158</b>                 | <b>219 339</b>                       | <b>1 533</b>                                 | <b>225 497</b>                  | <b>64 544</b>                             | <b>6 423</b>                                    | <b>22</b>                                    |



## 7. LE BOIS ENERGIE

L'approvisionnement de la filière bois énergie peut faire appel à des ressources bois de différentes natures, celles-ci pouvant déjà être captées par d'autres filières de valorisation du bois, en tout ou partie. Il est important de veiller à éviter les conflits d'usage sur la ressource bois.

Les trois principales origines du bois valorisé pour la production d'énergie sont les suivantes :

- le bois issu de la forêt;
- les sous-produits des entreprises de transformation du bois (ils représentent environ la moitié d'un arbre coupé et restent encore à valoriser pour une partie relativement importante) ;
- le bois récupéré, provenant des déchetteries ou des entreprises de récupération (élagage, emballage, palette, ...) s'il n'est pas souillé (traitement, peinture, ...).

C'est ainsi que le gisement disponible est constitué de la ressource forestière (taillis, rémanents d'exploitation, etc.), mais également des sous-produits des industries du bois (sciures, copeaux, écorces, dosses, etc.), des bois de rebut non souillés (palettes, cagettes, etc.) et des résidus d'élagage. La plupart de ces matériaux doivent être transformés avant d'être utilisés en chaudière.

### 7.1. LA RESSOURCE BOIS ENERGIE

#### ***7.1.1. Les ressources forestières***

##### ***7.1.1.1. L'espace forestier régional***

#### **CARACTERISTIQUES PRINCIPALES**

La région Nord-Pas de Calais possède une superficie de 12 414 km<sup>2</sup> et un taux de boisement de 7,3%, soit 90 600 ha.

Le taux de boisement du département du Nord est de 7,7%, et celui du Pas de Calais de 6,9% (Inventaires forestiers départementaux, IFN, 2000). Ces valeurs sont largement inférieures à la moyenne métropolitaine, qui était de 27,4% en 2000.

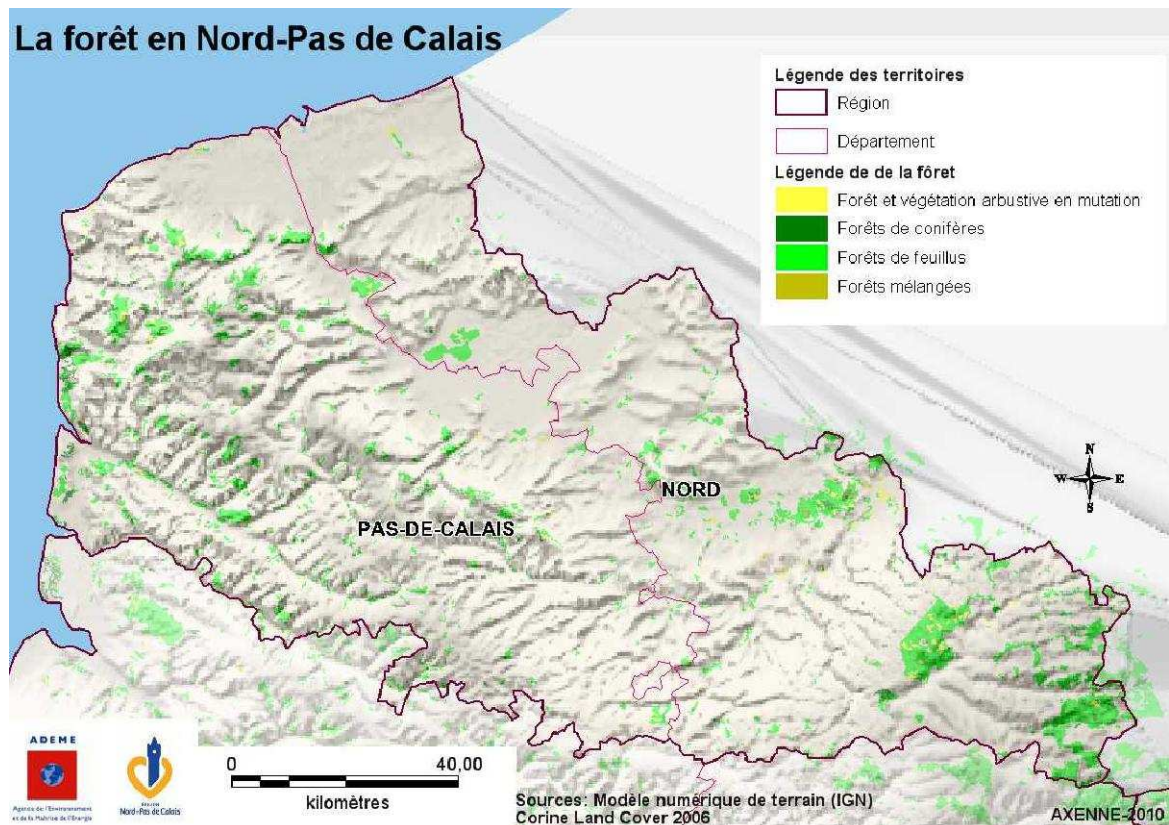
Selon le CRPF, la région Nord-Pas-de-Calais est la moins boisée de France, pour cause de conditions de milieu particulières (sols généralement riches) et des raisons historiques (défrichement pour l'agriculture et guerres).

Cependant, la surface forestière tend à s'accroître de plus en plus.

Les formations boisées de production représentent 92,3% des formations boisées du Nord, et 89,6% des formations boisées du Pas de Calais.

## TYPES DE PEUPLEMENT ET ESSENCES PRINCIPALES

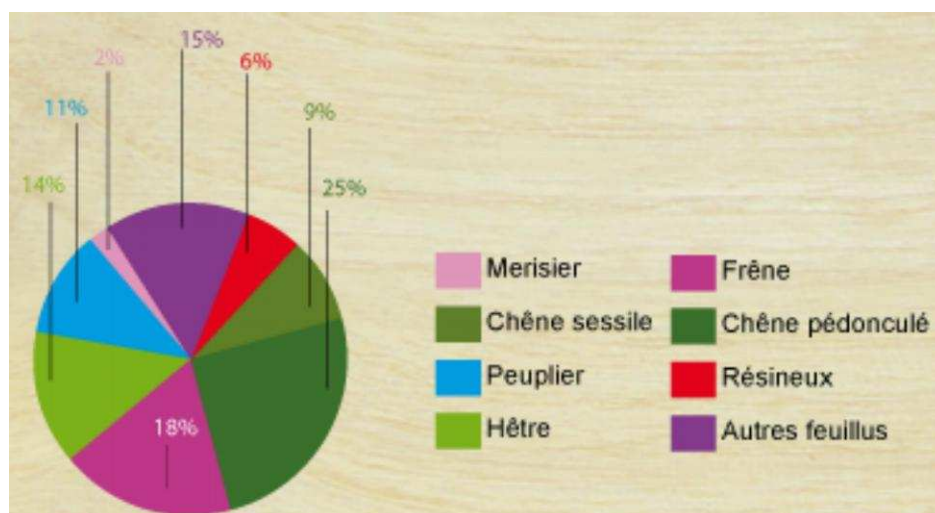
La carte ci-dessous met en évidence les peuplements forestiers de la région.



**Carte 5. Peuplements forestiers du Nord-Pas-de-Calais (IGN, Corine Land Cover 2006)**

Les forêts de feuillus occupent la majeure partie de la surface forestière de la région Nord-Pas-de-Calais. Selon les données de l'Inventaire Forestier National réalisé sur les départements de la région en 2000, les feuillus représentent 93% de la surface boisée de production.

Les essences sont réparties de manière homogène, comme indiqué sur le graphique ci-dessous :



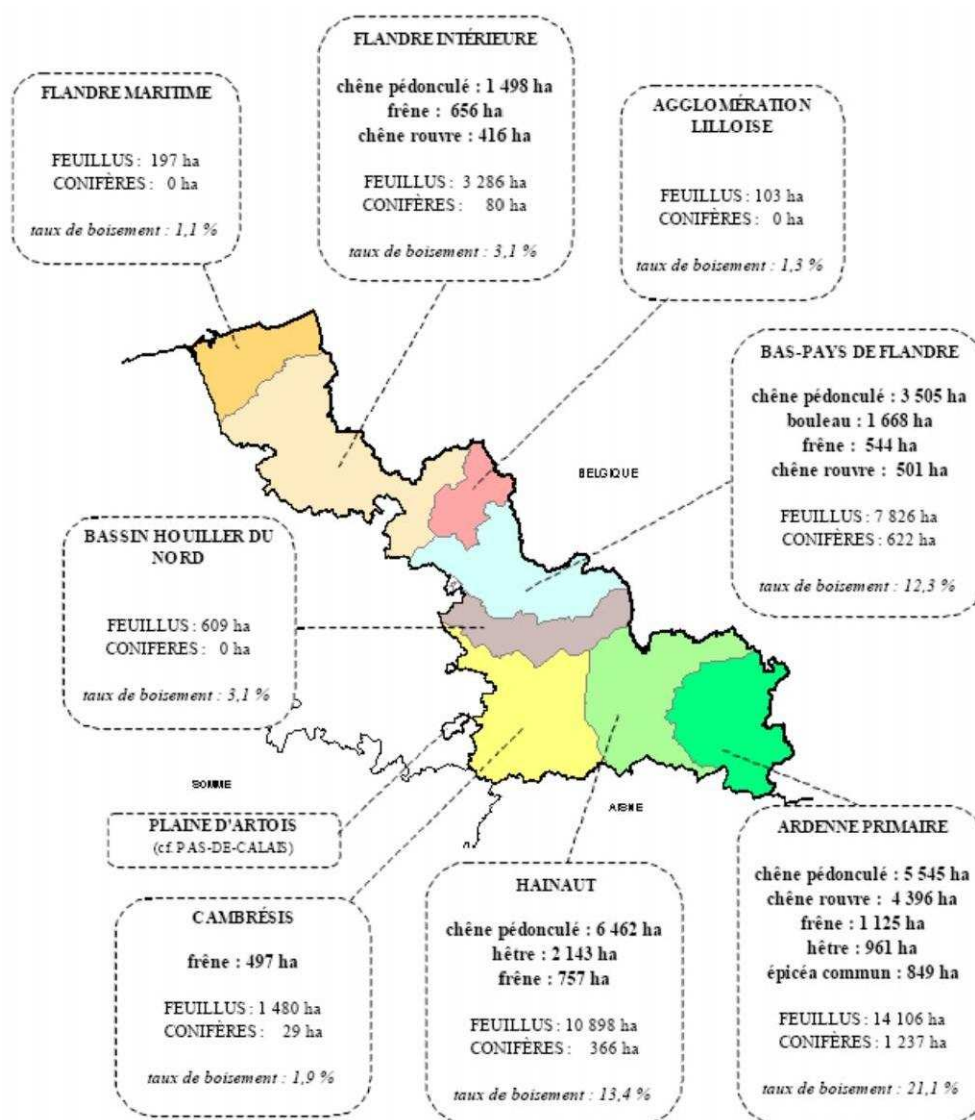
**Graphique 7. Essences principales en Nord-Pas-de-Calais (CRPF)**

D'après l'IFN, le volume de bois sur pied était de 13,4 millions de m<sup>3</sup> en 2000.

### REGIONS FORESTIERES DU NORD-PAS-DE-CALAIS

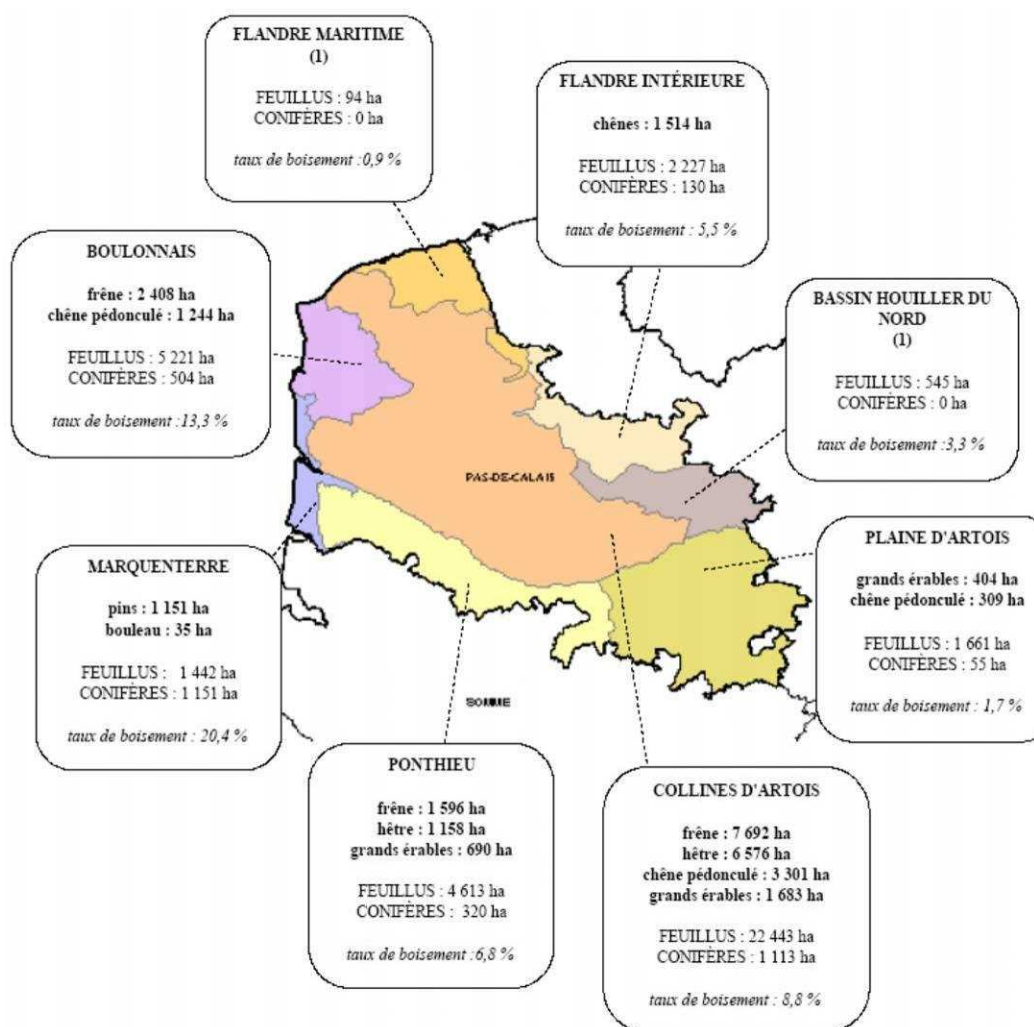
La région est divisée en 13 régions forestières. Une région forestière est une unité territoriale naturelle qui présente globalement pour la végétation forestière des conditions de sol et de climat similaires et qui comporte des types de forêt ou de paysage comparables.

Les deux cartes ci-dessous mettent en évidence les principales caractéristiques de chaque région forestière. Elles proviennent des inventaires forestiers nationaux réalisés par l'IFN en 2000.



Carte 6. Régions forestières du Nord et principales caractéristiques (IFN)

Les régions forestières les plus boisées sont le Bas-Pays de Flandre, l'Ardenne Primaire et le Hainaut.



**Carte 7. Régions forestières du Pas de Calais et principales caractéristiques (IFN)**

Les régions forestières les plus boisées sont le Boulonnais et Marqueterre.

### STATUT DES FORETS DU NORD-PAS-DE-CALAIS

La forêt du Nord-Pas-de-Calais est détenue à 67% par des propriétaires privés, à 29% par l'État (forêts domaniales) et à 4% par les collectivités (forêts communales).

La région compte 31 240 propriétaires privés. La plupart sont de « petits détenteurs de bois » : 92% des propriétaires possèdent des surfaces inférieures à 4ha. 1,3% des propriétaires sont de « grands détenteurs de bois », possédant plus de 25 ha de forêts<sup>7</sup>.

<sup>7</sup> Source : CRPF (Cadastre 2004)



### 7.1.1.2. Le potentiel forestier, populier et bocager

L'IFN, FCBA et Solagro ont réalisé pour l'ADEME en 2009 une étude de la biomasse forestière, populier et bocagère disponible pour l'énergie en 2020.

Les ressources ligneuses prises en compte par l'étude sont les forêts de production ainsi que les peupleraies, haies et alignements, arbres urbains, vignes et vergers.

L'étude s'attache à définir les volumes de Bois Industrie / Bois Énergie (BIBE) et de Menus Bois (MB) disponibles pour l'énergie et ne faisant pas encore l'objet d'une valorisation économique (soit un gisement supplémentaire). La figure suivante présente les compartiments de l'arbre à usage bois d'œuvre (BO), BIBE ou MB.

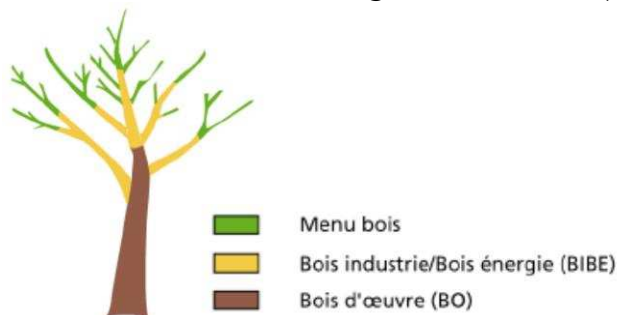


Figure 8. Compartiments de l'arbre (IFN, FCBA, Solagro)

La méthode d'évaluation des gisements prend en compte les contraintes suivantes :

- Contraintes d'exploitation : accessibilité de la ressource, évacuation des bois abattus
- Contraintes environnementales : gestion durable de la récolte  
Le prélèvement de compartiments tels que les petites branches ou les souches peut entraîner des exportations d'éléments minéraux préjudiciables au maintien de la fertilité chimique des sols à long terme.
- Contraintes économiques : analyse des conditions économiques d'exploitation et de marché du bois (contrainte amenée à être plus ou moins forte en fonction de la rémunération des produits récoltés).

Le graphique ci-dessous présente les différentes étapes permettant d'évaluer la disponibilité supplémentaire pour l'énergie.



Figure 9. Relations entre disponibilités brutes, nettes et supplémentaires (IFN, FCBA, Solagro)

Les résultats de cette étude pour la région Nord-Pas-de-Calais sont présentés ci-après.

## DISPONIBILITE BRUTE

Le détail de la méthode de calcul de la disponibilité brute par type de peuplement est donné dans le rapport de l'étude « Biomasse forestière, populicole et bocagère disponible pour l'énergie en 2020 ». Seuls les résultats concernant la région Nord-Pas-de-Calais sont présentés ici.

### ■ Forêts

|                    | BIBE                 |        | Menu Bois            |        |
|--------------------|----------------------|--------|----------------------|--------|
|                    | [m <sup>3</sup> /an] | [ktep] | [m <sup>3</sup> /an] | [ktep] |
| Nord-Pas-de-Calais | 541 000              | 127    | 93 000               | 22     |
| France             | 68 056 000           | 15 178 | 13 356 000           | 2 964  |

**Tableau 25. Disponibilité brute forestière par type de produit (IFN, FCBA, Solagro)**

### ■ Peupleraies

En peupleraies, les disponibilités de BIBE et menu bois sont strictement liées à celles du bois d'œuvre.

|                      | BIBE                 |        | Menu Bois            |        |
|----------------------|----------------------|--------|----------------------|--------|
|                      | [m <sup>3</sup> /an] | [ktep] | [m <sup>3</sup> /an] | [ktep] |
| Interrégion Nord-est | 169 000              | 25     | 73 000               | 11     |
| France               | 547 000              | 82     | 236 000              | 35     |

**Tableau 26. Disponibilité populicole brute par type de produit sur la période 2006-2020 (IFN, FCBA, Solagro)**

L'interrégion comprend le Nord-Pas-de-Calais, la Picardie, la Champagne-Ardenne, l'Île-de-France, et les régions voisines, où les peupleraies sont marginales (Alsace, Lorraine et Haute-Normandie).

La disponibilité hors Picardie et Champagne-Ardenne est de 70 000m<sup>3</sup> de BIBE et de 30 000m<sup>3</sup> menu bois.

### ■ Haies et alignements

|                                                        | BIBE                 |        | Menu Bois            |        |
|--------------------------------------------------------|----------------------|--------|----------------------|--------|
|                                                        | [m <sup>3</sup> /an] | [ktep] | [m <sup>3</sup> /an] | [ktep] |
| Interrégion Nord, Champagne, Picardie, Haute Normandie | 158 000              | 35     | 85 000               | 19     |
| France                                                 | 2 352 000            | 518    | 1 267 000            | 279    |

**Tableau 27. Disponibilité brute annuelle en haies par type de produit (IFN, FCBA, Solagro)**

L'interrégion bocagère comprend l'Île-de-France, la Champagne-Ardenne, la Picardie et le Nord-Pas-de-Calais.

!Remarque des auteurs de l'étude : La disponibilité brute estimée est supérieure à la production actuelle de biomasse bocagère, du fait d'interventions sylvicoles très espacées (25 à 30 ans au lieu de 12 à 20 ans). La disponibilité brute doit donc plutôt être considérée comme un potentiel de production à moyen terme, après un cycle d'entretien (15 à 20 ans)



### DISPONIBILITE TECHNICO-ECONOMIQUE

Le détail de la méthode de calcul de la disponibilité technico-économique par type de peuplement est donné dans le rapport de l'étude « Biomasse forestière, populiicole et bocagère disponible pour l'énergie en 2020 ». Seuls les résultats concernant la région Nord-Pas-de-Calais sont présentés ici.

|                | BIBE exploitable |                    |                | Menu Bois exploitable |                    |                |
|----------------|------------------|--------------------|----------------|-----------------------|--------------------|----------------|
|                | Forêt            | Peupliers et haies | Total          | Forêt                 | Peupliers et haies | Total          |
| <b>[m³/an]</b> | 475 000          | 90 000             | <b>565 000</b> | 66 000                | 42 000             | <b>108 000</b> |
| <b>[ktep]</b>  | 111              | 17                 | <b>128</b>     | 16                    | 7                  | <b>23</b>      |

**Tableau 28. Disponibilités technico-économique nettes par type de peuplement (IFN, FCBA, Solagro)**

Le BIBE d'origine forestière exploitable proviendrait à 65% de propriétés privées, et à 35% de la forêt publique. En ce qui concerne le menu bois, il proviendrait à 71% de propriétés privées, et à 29% de la forêt publique.

### DISPONIBILITE SUPPLEMENTAIRE REGIONALE

Elle est évaluée à partir de la disponibilité technico-économique, à laquelle on retranche la consommation de BIBE, évaluée à partir des Enquêtes Annuelles de Branche 2005 à 2007 de l'AGRESTE et des consommations de bois énergie des ménages en 2006, estimées par le CEREN.

En Nord-Pas-de-Calais, les prélèvements actuels estimés se montent à 759 000 m³ de BIBE d'origine forestière, 63 000 m³ de BIBE en provenance de peupleraies, et 76 000 m³ de bois énergie en provenance de haies.

61% du bois de feu consommé par les ménages du Nord-Pas de Calais proviennent de la forêt, 4% de peupleraies et 7% de haies et alignements. Les 28% restants ne rentrent pas dans le cadre des gisements étudiés ici, et proviendraient de bois de rebut, arbres épars, déchets de l'industrie du bois, etc.

Retrancher ces consommations à la disponibilité technico-économique présentée dans le tableau 6 permet d'évaluer le gisement net supplémentaire :

|                | BIBE supplémentaire |                    |                 | Menu Bois supplémentaire |                    |                |
|----------------|---------------------|--------------------|-----------------|--------------------------|--------------------|----------------|
|                | Forêt               | Peupliers et haies | Total           | Forêt                    | Peupliers et haies | Total          |
| <b>[m³/an]</b> | -284 000            | -48 000            | <b>-332 000</b> | 66 000                   | 42 000             | <b>108 000</b> |
| <b>[ktep]</b>  | -56                 | -8                 | <b>-64</b>      | 16                       | 7                  | <b>23</b>      |

**Tableau 29. Disponibilité supplémentaire par type de ressource (IFN, FCBA, Solagro)**

Les valeurs négatives de BIBE seraient dues à une surestimation du prélèvement de bois dans le bilan régional. En effet, il est estimé que tout le bois de feu consommé par les ménages de Nord-Pas-de-Calais provient de la région elle-même. Or, une faible superficie boisée de la région associée à une forte densité de population et une forte demande de chaleur permettent d'estimer que les importations de bois énergie en provenance de régions voisines sont importantes.

D'après l'étude, il est préférable de considérer qu'il n'y a pas de disponibilité supplémentaire dès lors que les résultats sont négatifs. Le gisement de BIBE supplémentaire sur la région serait donc nul, et le **gisement de menu bois** de **108 000 m<sup>3</sup>** (soit 55 000 tonnes).

### **7.1.2. Ressources en bois d'élitage**

La Fédération Régionale des Coopératives Agricoles a réalisé une étude en 2010. Les ressources en bois d'élitage (urbain et rural) ont été évaluées à 240 000 tonnes/an.

### **7.1.3. Ressources en connexes de scieries**

D'après l'Enquête Annuelle de Branches publiée par l'AGRESTE, 39 348 t de connexes de scieries ont été produits sur l'ensemble de la région en 2008 (58% dans le Nord, 42% dans le Pas de Calais).

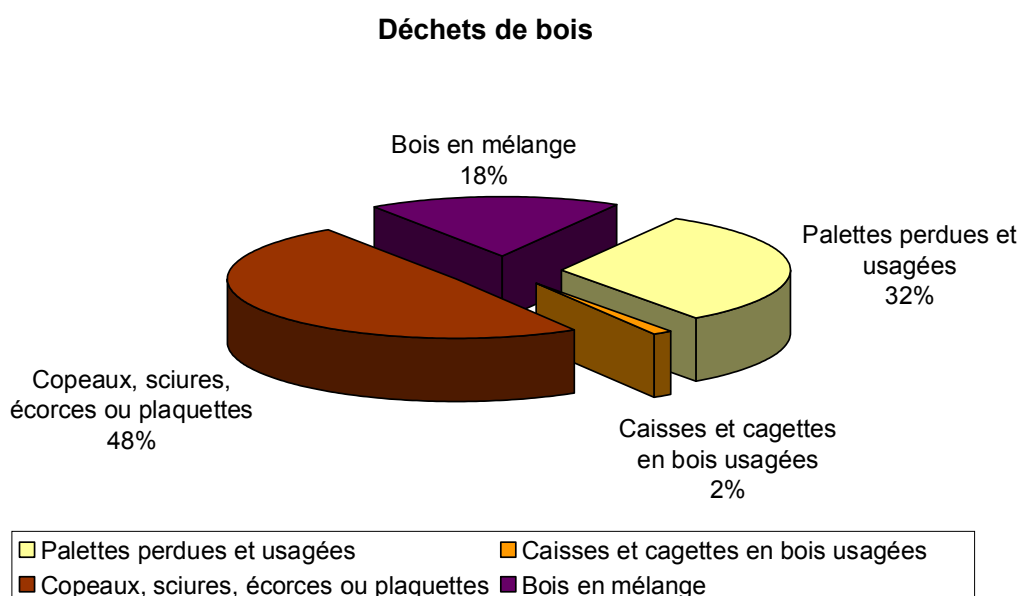
17 672 t ont été commercialisées pour trituration, et 21 636 t pour d'autres utilisations. 40t de connexes ont été autoconsommées par l'entreprise pour produire de l'énergie.

Ainsi, l'ensemble des connexes de scierie produit sur le département est déjà valorisé.

### **7.1.4. Ressources en bois de rebut**

Les bois de rebut utilisables pour le bois énergie sont de différentes sortes, mais doivent absolument être propres et non traités : palettes non réparables, emballages légers (exemple : cageots), emballages lourds industriels, bois des bâtiments et des chantiers.

88 889 t de déchets de bois ont été produits par les industries de la région en 2008 (Insee). La répartition par type de déchets était la suivante :



**Graphique 8. Déchets de bois par type en 2008 (INSEE)**

92 % de ces déchets sont déjà valorisés : ils sont soit recyclés soit valorisés énergétiquement. Il reste finalement 8 % de ces déchets qui sont mis en décharge ou incinérés sans valorisation énergétique.

Si on tient compte du fait qu'une partie seulement de ces déchets pourrait être valorisée (les déchets propres et non traités soit environ 30%), 2 000 t/an sont mobilisables.

### **7.1.5. Entreprises de la filière bois**

L'annuaire de la Chambre de Commerce et d'Industrie permet le recensement des entreprises de la filière bois sur la région Nord-Pas de Calais.

| Code NAF               | Libellé                                                      | Nord | Pas de Calais |
|------------------------|--------------------------------------------------------------|------|---------------|
| 020A,<br>020B,<br>020D | Sylviculture, exploitation forestière et services forestiers | 69   | 63            |
| 201A                   | Sciage et rabotage du bois                                   | 21   | 18            |
| 201 B                  | Imprégnation du bois                                         | 8    | 3             |
| 202Z                   | Fabrication de panneaux en bois                              | 3    | 2             |
| 203Z                   | Fabrication de charpentes et de menuiseries                  | 64   | 32            |
| 204Z,<br>205A          | Fabrication d'emballages et d'objets divers en bois          | 51   | 25            |
| 212A,<br>212B          | Fabrication de carton ondulé et de cartonnage                | 35   | 11            |

**Tableau 30. Entreprises de la filière bois dans le Nord-Pas de Calais (CCI)**

On compte également 95 entreprises de fabrication de meubles dans le Nord, et 31 dans le Pas de Calais.

#### **7.1.5.1. L'Interprofession Nord Picardie Bois**

Créée en 1990, l'Interprofession représente la filière bois en Nord-Pas de Calais et Picardie, et fédère l'ensemble des acteurs du territoire : entreprises de la filière, fédérations, syndicats, organismes professionnels, etc.

L'Interprofession coordonne la mobilisation et la structuration de tous les acteurs pour développer durablement la filière forêt bois<sup>8</sup>.

#### **7.1.5.2. Le Pôle d'Excellence Régional Bois**

Le Nord-Pas de Calais a été labellisé en décembre 2008 Pôle d'Excellence Régional Bois.

Le Pôle d'Excellence Régional Bois est une démarche de filière relayée à l'échelle des territoires autour du bois et soutenu par les élus locaux, s'inscrivant dans les enjeux régionaux d'aménagement du territoire, de développement des entreprises, de

<sup>8</sup> <http://www.bois-et-vous.fr>

création de valeur ajoutée et d'emplois, en valorisant les ressources et savoir-faire locaux.

Avec plus de 2 000 entreprises, un bassin d'emplois important (environ 25 000 emplois) et de nombreux débouchés, la filière régionale bois présente de grandes perspectives de développement.

La Fédération Régionale des Coopératives Agricoles a réalisé une étude en 2010. Les ressources en bois énergie issues des entreprises de la seconde transformation ont été évaluées à 30 000 tonnes/an

### **7.1.6. Autres ressources : la paille**

La région produit en effet de l'ordre de 1 100 000 tonnes de paille par an. Près de 220 000 tonnes sont mobilisables pour produire de l'énergie. D'autres sous-produits agricoles peuvent être mobilisés, comme par exemple les anas de lin 17 (production régionale : 62 000 t/an) ou les bois industriels recyclables. Par ailleurs, les terres en jachère représentent de l'ordre de 13 700 ha en 2007. Elles peuvent être mobilisées pour des cultures énergétiques.

Source : <http://www.nord-pas-de-calais.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/profil-environnemental-npdc-tome-1.pdf>

### **7.1.7. Bilan des ressources potentielles**

Le tableau ci-dessous synthétise les principales ressources en bois énergie du département du Gers.

| Type de ressource                               | Quantité [t/an] | Remarques                                           |
|-------------------------------------------------|-----------------|-----------------------------------------------------|
| Ressource forestière                            | 55 000 t/an     |                                                     |
| Élagage (urbain et rural)                       | 240 000 t/an    |                                                     |
| Connexes de scierie                             | ..              | 40 000 t/an environ sont déjà captées et valorisées |
| Bois de rebut                                   | 2 000 t/an      |                                                     |
| Entreprise de la 2 <sup>nd</sup> transformation | 30 000 t/an     |                                                     |
| Ressource en paille                             | 220 000 t/an    |                                                     |

**Tableau 31. Gisement brut de bois énergie par type de ressource**

Hypothèses : 1 m<sup>3</sup> de bois à 30% d'humidité équivaut à 930 kg. 1 m<sup>3</sup> de BRF équivaut à 250kg.

## 7.2. LES POTENTIELS NETS DES INSTALLATIONS AU BOIS

### 7.2.1. Hypothèses et note méthodologique

Le bois énergie dans l'habitat est étudié d'une part dans le cadre d'un chauffage d'appoint, pour favoriser des équipements performants, et d'autre part, pour le chauffage des maisons neuves ou existantes se prêtant à l'installation d'une chaufferie automatique au bois alimentée par des plaquettes ou des granulés de bois.

Dans le secteur collectif, la démarche consiste essentiellement à s'intéresser à l'implantation de chaufferies bois collectives et aux réseaux de chaleur.

### 7.2.2. Les poêles et inserts

Les appareils de type inserts ou poêles sont généralement installés en appoint sur les maisons. En région Nord-Pas-de-Calais 23% des maisons utilisent le bois en chauffage principal ou d'appoint.

D'autre part, pour la promotion des équipements performants de type inserts ou poêles à bois, toutes les maisons actuellement équipées par des équipements anciens forment un gisement potentiel.

L'enjeu est important puisqu'il consiste à moderniser un parc d'équipements estimé à plus de 277 000 appareils (cheminées, inserts et poêles), et d'autre part à équiper de poêles les maisons actuellement chauffées à l'électricité, au fioul ou au gaz naturel qui n'en possèdent pas. Nous n'avons pas tenu compte de la capacité financière des ménages puisqu'il s'agit plus du renouvellement d'un équipement que d'un investissement non prioritaire.

Sur les maisons qui ne sont actuellement pas équipées de poêles ou inserts, seuls 10 % ont été retenues compte tenu de la difficulté d'installer un conduit de fumée et de la faible proportion des ménages utilisant le bois énergie d'une manière générale en région Nord-Pas-De-Calais (cette énergie n'est pas ancrée dans les usages régionaux).

En ce qui concerne les maisons neuves, on considère qu'il serait possible d'équiper 23% des maisons, soit le même pourcentage que la tendance actuelle.

#### Gisement net des équipements poêles et inserts sur les maisons :

| BOIS ENERGIE SUR LES MAISONS                             | <br>Poêles, inserts | <br>Poêles, inserts |
|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Cible envisagée                                          | 1 172 883<br>maisons existantes chauffage électrique, fioul, gaz                                       | 8 000<br>Constructions neuves par an                                                                     |
| Gisement net pour les poêles et inserts performants (nb) | 360 288                                                                                                | 1 840/an                                                                                                 |

Tableau 32 : Gisement net pour les équipements de poêles et inserts

### 7.2.3. Les chaudières automatiques dans l'habitat individuel

#### 7.2.3.1. Considérations économiques

Nous indiquons ci-après les temps de retour sur investissement d'une chaufferie bois par rapport aux différentes énergies existantes :

| CHAUDIERE INDIVIDUELLE AUTOMATIQUE AU BOIS |  |  |  |  |  |
|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Energie substituée                         | Gaz naturel                                                                       | Fioul                                                                             | Propane                                                                            | Electricité                                                                         | Electricité HC                                                                      |
| Temps de retour investisseur (ans)         | 16                                                                                | 11                                                                                | 6                                                                                  | 6                                                                                   | 12                                                                                  |
| Rejet de CO <sub>2</sub> évité (kg/an)     | 17 650                                                                            | 17 650                                                                            | 8 154                                                                              | 7 237                                                                               | 9 566                                                                               |

**Tableau 33 : Temps de retour sur investissement des chaudières automatiques au bois dans 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 chaufferie bois aux granulés de 12 kW (utilisée dans une maison de 200 m<sup>2</sup>) et comparés avec un investissement traditionnel (le prix de la fourniture et de la pose d'une chaudière ou d'un système de chauffage électrique ainsi que des émetteurs).

Ils sont calculés par comparaison entre une chaudière granulés bois et l'installation de chauffage indiquée dans le tableau. Le calcul est effectué dans le cadre du remplacement de l'installation existante lorsque celle-ci est en fin de vie.

Le crédit d'impôt est pris en compte à hauteur de 38% soit les nouvelles dispositions pour 2011 (le temps de retour étant beaucoup plus important sinon).

Pour l'installation de chaudières aux granulés de bois, nous orientons notre approche sur les propriétaires actuellement chauffés au fioul et au gaz propane. Ce sont eux qui sont le plus enclins à changer d'énergie compte tenu de la hausse des prix depuis les cinq dernières années. Les propriétaires équipés d'un chauffage à l'électricité s'orienteront plus difficilement sur le bois énergie puisqu'une telle installation supposerait également de faire des travaux pour les émetteurs de chaleur et le réseau hydraulique. Quant aux maisons chauffées actuellement au gaz naturel, le temps de retour est plus important.



### 7.2.3.2. Considérations techniques et réglementaires

En ce qui concerne l'installation de chaudières à granulés de bois, 17% des maisons existantes chauffées au fioul et au gaz propane ont été retenues<sup>9</sup>. Ce coefficient permet de tenir compte de critères qui doivent être respectés pour envisager la mise en place d'une chaudière bois :

- une taille minimum pour avoir un minimum de besoins en chaleur (les plus petites chaudières ne descendent pas en dessous de 12 kW),
- une taille minimum pour pouvoir réserver un emplacement pour le silo de stockage des granulés,
- un espacement minimum entre les maisons de manière à pouvoir respecter la législation sur les conduits de cheminée,
- un accès aisé depuis la route pour la livraison du combustible.

Enfin on tient compte de la capacité financière des ménages pour investir dans une telle installation (sur des installations d'énergies renouvelables importantes, 31% des ménages sont en mesure d'investir).

#### Gisement net des chaudières automatiques au bois dans les maisons :

|                                                                                                                                                                          | BOIS ENERGIE SUR LES MAISONS                                        | <br>Chaudière bois individuelle | <br>Chaudière bois individuelle |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                          | Cible envisagée                                                     | 175 516<br>Maisons existantes chauffage fioul et propane                                                           | 1360<br>Maisons neuves (>150m <sup>2</sup> ) par an                                                                  |
| <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;">           Maisons existantes : x 17% x 31%<br/>           Maisons neuves : x 31%         </div> | Gisement net pour les chaudières individuelles (nb d'installations) | 9 250                                                                                                              | 422/an                                                                                                               |

**Tableau 34 : Gisement net pour les chaudières automatiques au bois dans les maisons**

#### ***Rappel des données 2009 :***

Fin 2009, le nombre de chaudières automatiques individuelles au bois sur le territoire était de 4.

<sup>9</sup> L'analyse cartographique permet de ne retenir que les maisons de plus de 150 m<sup>2</sup> et n'étant pas situées en tissu urbain dense.

### 7.2.4. Le bois énergie dans les établissements publics

Le potentiel de mise en œuvre du bois énergie vise des chaudières individuelles pour des bâtiments publics, toutefois il est plus intéressant de regrouper plusieurs bâtiments afin de créer un petit réseau de chaleur. Nous étudions ce potentiel dans le paragraphe suivant.

L'installation d'une chaudière automatique au bois sur un bâtiment public se heurte à différentes contraintes :

- accessibilité du camion qui viendra livrer le combustible (route étroite dans un village, etc.),
- le retournement du camion sur le site pour la livraison du combustible,
- l'implantation du silo,
- le bruit occasionné par la chaudière, la cheminée,
- l'acceptabilité des riverains,
- les autres servitudes (patrimoine culturel, etc.)

#### **Gisement global des installations bois énergie collectives :**

Nous avons pris les chiffres de la dynamique de construction sur les bâtiments collectifs suivants :

- les établissements d'enseignement (écoles, collèges, lycées),
- les équipements collectifs sportifs (stades, piscines, gymnases, etc.),
- les établissements de santé,
- les équipements collectifs d'action sociale,
- les équipements d'hébergement.

Le gisement global, c'est-à-dire non pondéré par une approche sur les contraintes réglementaires et techniques, calculé pour ces installations a été ensuite affecté d'un coefficient de 10% pour tenir compte des contraintes énoncées précédemment.

| BOIS ENERGIE SUR LES<br>BATIMENTS COLLECTIFS<br>NEUFS             |  |  |  |  |  |
|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                   | Enseignements                                                                       | Equip. coll. de culture et loisirs                                                  | Santé                                                                                | Action sociale                                                                        | Hébergement                                                                           |
| Cible envisagée par an<br>(m² SHON / an)                          | 167 036/an                                                                          | 126 614/an                                                                          | 114 459/an                                                                           | 33 284/an                                                                             | 20 345/an                                                                             |
| Gisement pour les installations<br>bois-énergie<br>(kW installés) | 1 410/an                                                                            | 1 790/an                                                                            | 1 050/an                                                                             | 250/an                                                                                | 160/an                                                                                |
| Gisement net en nombre                                            | 20/an                                                                               | 20/an                                                                               | 10/an                                                                                | 10/an                                                                                 | 2/an                                                                                  |

**Tableau 35 : Gisement global pour les installations de bois-énergie sur une partie des bâtiments collectifs**

### ***7.2.5. Le bois énergie sur les réseaux de chaleur***

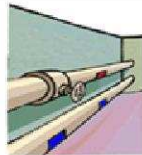
Il y a environ 6 réseaux de chaleur au bois énergie sur la Région Nord-Pas-de-Calais à fin 2009. Il s'agit aussi bien de petits réseaux collectifs pour l'alimentation de quelques bâtiments que de réseaux beaucoup plus importants alimentant une partie de l'agglomération (c'est le cas des réseaux de chaleur de Seclin ou Calais).

La concentration de l'habitat et des équipements collectifs incite à réfléchir à ce type d'approche. La mise en place d'un réseau de chaleur permet :

- de réduire le nombre de chaudières en fonctionnement et ainsi de limiter les atteintes à l'environnement,
- de créer une dynamique capable de mobiliser les acteurs du territoire (artisans, entreprises, ...), de les fédérer pour valoriser leur savoir-faire,
- de favoriser l'activité locale et la création d'emplois (valorisation des sous-produits bois, entretien et gestion des équipements de chauffage),
- de réduire la facture énergétique finale des consommateurs qui n'ont plus à gérer leur équipement de production de chaleur.

Pour l'instant, plusieurs projets de réseaux de chaleur sont à l'étude (environ 10 totalisant près de 50 MW. Parmi ces projets la chaufferie biomasse de Roubaix (15MW) qui entrera en fonction en 2011 pour assurer 60% des besoins de chauffage du réseau de chaleur existant. D'autres projets plus modestes sont susceptibles d'émerger : à Douai, un réseau de chaleur de 2MW sur l'Eco-quartier le Raquet, à Lomme un réseau de chaleur à créer pour un centre de formation (la chaufferie bois aurait une puissance de 2,5MW).

### 7.2.6. Synthèse des gisements nets de la filière bois énergie

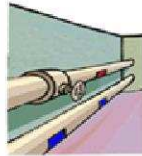
| INSTALLATIONS DE<br>CHAUFFAGE AU BOIS<br>GISEMENTS NETS HORS<br>CONSTRAINTES (patrimoniale<br>et techniques) |  |  |  |  |  | TOTAL                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
|                                                                                                              |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                    |
| dans l'existant                                                                                              | nombre :<br>MWh/an :                                                              | 360 288<br><b>2 269 817</b>                                                       | 9 250<br><b>199 793</b>                                                             |                                                                                     | 10<br><b>100 000</b>                                                                | 369 548<br><b>2 569 610 MWh/an</b> |
| sur le neuf par an                                                                                           | nombre :<br>MWh/an :                                                              | 1 840<br><b>11 592</b>                                                            | 422<br><b>9 107</b>                                                                 | 62<br><b>7 830</b>                                                                  |                                                                                     | 2 324<br><b>28 529 MWh/an</b>      |

\* 10kW par poêle

\*\* 18kW par chaudière individuelle

Sources : AXENNE

Le même tableau sans tenir compte de la capacité financière des maîtres d'ouvrages :

| INSTALLATIONS DE<br>CHAUFFAGE AU BOIS<br>GISEMENTS NETS HORS<br>CONSTRAINTES (patrimoniale<br>et techniques) |  |  |  |  |  | TOTAL                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
|                                                                                                              |                                                                                    |                                                                                    |                                                                                      |                                                                                      |                                                                                      |                                    |
| dans l'existant                                                                                              | nombre :<br>MWh/an :                                                               | 360 288<br><b>2 269 817</b>                                                        | 29 838<br><b>644 494</b>                                                             |                                                                                      | 10<br><b>100 000</b>                                                                 | 390 136<br><b>3 014 310 MWh/an</b> |
| sur le neuf par an                                                                                           | nombre :<br>MWh/an :                                                               | 1 840<br><b>11 592</b>                                                             | 1 360<br><b>29 376</b>                                                               | 62<br><b>7 830</b>                                                                   |                                                                                      | 3 262<br><b>48 798 MWh/an</b>      |

\* 10kW par poêle

\*\* 18kW par chaudière individuelle

Sources : AXENNE

### 7.3. LES POTENTIELS PLAUSIBLES DES INSTALLATIONS BOIS

L'utilisation du bois énergie n'est pas ancrée dans les comportements des ménages dans la région Nord-Pas-de-Calais. C'est d'ailleurs la région ayant la plus faible part de maisons utilisatrice du bois (moins de 25%).



L'enjeu est le remplacement de l'ensemble des poêles et inserts existants (voir de favoriser l'installation d'inserts dans les cheminées qui n'en sont pas équipées.) par des appareils beaucoup plus performants et moins polluants, mais aussi d'augmenter la part de l'utilisation du bois chez les ménages qui n'en sont pas équipés.

Sur les habitations neuves, les chaudières automatiques au bois et les poêles à granulés devraient continuer leur très faible progression jusqu'en 2012~2015, puis une forte chute de la vente des chaudières automatiques est probable au vu des réglementations thermiques contraignantes qui ne justifieront plus l'achat de tels équipements. Les fabricants de poêles à bois prévoient une gamme adaptée (de faible puissance) pour les nouvelles maisons labélisées BBC.

Sur les bâtiments publics, les perspectives de petits réseaux de chaleur bois sont modestes sur le territoire, un potentiel d'une dizaine de réseaux de chaleur a été identifié.

| <b>BILAN BE :</b>              |                   |                    |                                    |                                      |                       |                       |
|--------------------------------|-------------------|--------------------|------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|-----------------------|
|                                | nb total fin 2009 | P totale 2009 (kW) | nb/an sur l'existant jusqu'en 2020 | % du gisement sur l'existant en 2020 | % du gisement en 2015 | % du gisement en 2020 |
| Maison - chaudière automatique | 4                 | 70                 | 1                                  | 0,10%                                | 0,15%                 | 0,09%                 |
| Chaudières collectives         | 44                | 50 183             |                                    |                                      | 2%                    | 1%                    |
| Poêles et inserts performants  | 283 794           | 2 837 940          | 27714                              | 100%                                 | 38%                   | 36%                   |

#### Les chaudières automatiques pour les maisons :

Il n'y a pratiquement pas de chaudière automatique sur le parc des maisons existantes. Cette filière n'est pas amenée à se développer fortement à l'avenir. La concurrence d'autres énergies et la très faible utilisation du bois comme combustible en base pour le chauffage, nous incitent à ne proposer qu'un objectif d'une dizaine d'installations à l'horizon 2020.

Sur le parc neuf : compte tenu de la RT2012, les chaudières automatiques au bois ne devraient pas se développer (les besoins de chaleur des nouvelles habitations ne justifient pas un tel investissement). Seules quelques installations pourraient éventuellement voir le jour avant 2012.



**Les chaudières bois pour les immeubles collectifs (logement et tertiaire) :**

Il est très difficile d'installer une chaudière automatique au bois sur un immeuble collectif existant. En effet, ces installations se heurtent à de nombreuses difficultés :

- l'approvisionnement en combustible (accessibilité du camion, retournement sur l'air de stockage),
- le stockage du combustible dans un silo qui reste à créer,
- le positionnement de la chaudière et des conduits de cheminée,
- etc.

Les immeubles existants sont plutôt raccordés à un réseau de chaleur bois ce qui supprime les contraintes citées précédemment.

Nous n'avons donc pas d'objectif d'installation de chaufferie bois sur les immeubles existants, mais plutôt dans le cadre de l'extension ou la création de petits réseaux de chaleur.

Sur le parc neuf : compte tenu de la RT2012, les chaudières automatiques au bois ne devraient pas se développer (les besoins de chaleur des nouvelles habitations ne justifient pas un tel investissement). Seules quelques installations pourraient éventuellement voir le jour avant 2012.

| <b>Bois énergie neuf :</b> |                   |       | 2009              | 2016              | 2021              |
|----------------------------|-------------------|-------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Nature                     | Cible_par_an_neuf | kW/nb | Ratio_equipe_2009 | Ratio_equipe_2016 | Ratio_equipe_2021 |
| Maison - chaudière         | 422               | 18    | 0,18%             | 0%                | 0%                |
| Installation collective    | 62                | 1141  | 4%                | 0%                | 0%                |
| Maison - poêle/insert      | 1 840             | 10    | 12%               | 47%               | 10%               |
|                            |                   |       | Nb instal. 2009   | Nb instal. 2016   | Nb instal. 2021   |
| Maison - chaudière         |                   |       | 1                 | 0                 | 0                 |
| Installation collective    |                   |       | 2                 | 0                 | 0                 |
| Maison - poêle/insert      |                   |       | 220               | 859               | 184               |

| <b>Bois énergie existant :</b> |                        |       | 2009                 | 2015                 | 2020                 |
|--------------------------------|------------------------|-------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Nature                         | Gisemt_totale_existant | kW/nb | Ratio_equip_tot_2009 | Ratio_equip_tot_2015 | Ratio_equip_tot_2020 |
| Maison - chaudière             | 9 250                  | 18    | 0,01%                | 0,04%                | 0,10%                |
| Maison - poêle/insert          | 360 288                | 10    | 71%                  | 86%                  | 100%                 |
|                                |                        |       | Nb instal tot 2009   | Nb instal. tot. 2015 | Nb instal. tot. 2020 |
| Maison - chaudière             |                        |       | 1                    | 3                    | 9                    |
| Maison - poêle/insert          |                        |       | 255 415              | 308 134              | 360 288              |

**Les réseaux de chaleur (logement et tertiaire) :**



Nous avons retenu 50% des projets de réseaux de chaleur à l'horizon 2020 (soit 25 MW) et 100 % à l'horizon 2050 (soit 50 MW).

## **7.4. 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 2050.

Il est ici présenté à l'horizon 2020 (il existe aussi à l'horizon 2050) avec les objectifs déterminés ci-dessus pour toutes les filières.

| 2020                                                   | Proposition d'un objectif<br>en % du gisement identifié |                |                         |                                  |               |                     | Réalisation à<br>fin<br>2009 | Réalisation<br>entre<br>2010<br>2020 | Réalisations<br>par an entre<br>2010<br>2020 | Production<br>totale en<br>2020 | t CO <sub>2</sub> évité<br>/an en<br>2020 | Nb d'emplois<br>liés à la fabric.<br>et l'inst. | Nb d'emplois<br>annuels liés à<br>l'exploit. |
|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|----------------|-------------------------|----------------------------------|---------------|---------------------|------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------|
|                                                        | SUR L'EXISTANT                                          |                |                         | SUR LE NEUF (réalisation par an) |               |                     |                              |                                      |                                              |                                 |                                           |                                                 |                                              |
|                                                        | %                                                       | nb<br>d'inst.  | MWh/an                  | %                                | nb<br>d'inst. | MWh/an              | MWh/an                       | MWh/an                               | nb/an                                        | MWh/an                          | t CO <sub>2</sub>                         | nb<br>d'emplois                                 | nb<br>d'emplois                              |
| <b>Bois énergie - Chaudière automatique</b>            |                                                         |                |                         |                                  |               |                     |                              |                                      |                                              |                                 |                                           |                                                 |                                              |
| Maison - chaudière automatique                         | 0,1%                                                    | 9              | 200 MWh/an              | 0%                               | 0             | 8 MWh/an            |                              | 281                                  | 1                                            |                                 | 76                                        |                                                 |                                              |
| Chaudières collectives                                 |                                                         |                |                         | 1%                               | 1             | 100 MWh/an          |                              | 996                                  | 1                                            |                                 | 269                                       |                                                 |                                              |
| Réseaux de chaleur                                     | 100%                                                    |                | 100 000 MWh/an          |                                  |               |                     |                              | 100 000                              | 0                                            |                                 | 27 000                                    |                                                 |                                              |
| <b>Ss-total bois énergie - chaudière automatique :</b> |                                                         | <b>9</b>       | <b>100 200 MWh/an</b>   |                                  |               | <b>108 MWh/an</b>   | <b>239 470</b>               | <b>101 277</b>                       | <b>1</b>                                     | <b>340 747</b>                  | <b>92 002</b>                             | <b>0</b>                                        | <b>218</b>                                   |
| <b>Inserts et Poêles performants</b>                   |                                                         |                |                         |                                  |               |                     |                              |                                      |                                              |                                 |                                           |                                                 |                                              |
| Poêles et inserts performants                          | 100%                                                    | 360 288        | 1 588 872 MWh/an        | 36%                              | 668           | 4 210 MWh/an        |                              | 42 104                               | 36 697                                       |                                 | 11 368                                    |                                                 |                                              |
| <b>Sous-total bois énergie - inserts et poeles :</b>   |                                                         | <b>360 288</b> | <b>1 588 872 MWh/an</b> |                                  | <b>668,3</b>  | <b>4 210 MWh/an</b> | <b>2 541 801</b>             | <b>42 104</b>                        | <b>36 697</b>                                | <b>2 583 904</b>                | <b>697 654</b>                            | <b>953</b>                                      | <b>856</b>                                   |

## 8. LA METHANISATION

La méthanisation ou fermentation anaérobie est la décomposition biologique des matières organiques par une activité microbienne naturelle ou contrôlée, dans un milieu en raréfaction d'air.

Selon le type de déchets et les conditions de température et de pression dans lesquelles ce traitement biologique s'effectue, cette fermentation conduit à la production de biogaz.

Composé majoritairement de méthane (60 à 80%) et de dioxyde de carbone (18 à 38%), le biogaz peut être valorisé de différentes manières :

- par cogénération : l'électricité produite est revendue à un producteur d'électricité, sous le régime d'obligation d'achat. La chaleur est utilisée en partie pour le fonctionnement de l'unité de méthanisation, le reste étant valorisé à proximité par des industriels ou des collectivités.
- par combustion sous chaudière : une partie de la chaleur produite sera utilisée pour le fonctionnement de l'installation de méthanisation, le reste étant valorisé à proximité par des industriels ou des collectivités.
- fabrication de carburant pour véhicules publics (autobus, etc.)
- par injection sur le réseau de distribution de gaz naturel (après épuration du biogaz).

La plupart des déchets organiques peut être méthanisée. **Les déchets peuvent être d'origine municipale, industrielle ou agricole, et sous forme liquide ou solide.** Les matières premières suivantes sont adaptées à la méthanisation :

- les effluents et fumiers d'élevage, ainsi que les cultures énergétiques et les déchets végétaux de l'agriculture.
- la fraction fermentescible des ordures ménagères
- les déchets verts provenant de l'élagage des arbres, des parcs et jardins (hormis les produits ligneux, difficiles à méthaniser)
- les sous-produits de l'assainissement urbain : boues des stations d'épuration, graisses, etc. Le biogaz provient des matières organiques contenues dans les eaux. C'est un gaz riche en méthane, en hydrogène sulfuré, mais aussi en métaux lourds, provenant du recueil des eaux polluées par le lessivage des routes par la pluie
- les huiles alimentaires provenant des restaurants et des cantines
- la fraction fermentescible des DIB (Déchets Industriels Banals)
- les effluents industriels provenant essentiellement des industries agroalimentaires, de la chimie et des papeteries

## 8.1. DECHETS ORGANIQUES EN PROVENANCE DES EXPLOITATIONS AGRICOLES

### 8.1.1. Lisiers, fumiers et fientes

Les effluents d'élevage, sous forme de lisiers, fumiers ou fientes, présentent un potentiel de méthanisation intéressant en co-digestion avec d'autres produits (résidus de céréales, déchets verts non ligneux, etc.).

Le lisier est bien adapté à la méthanisation, son état liquide facilite son transport et son introduction dans le digesteur, et permet de diluer les co-substrats. De plus, il présente un fort pouvoir tampon assurant la stabilité du mélange au sein du digesteur. Le fumier est également intéressant, mais présente une manipulation plus difficile : transport par camion-benne, introduction dans le digesteur à l'aide d'une trémie, ou mélange préalable avec le lisier dans une pré-fosse.

La Statistique Agricole Annuelle (SAA) réalisée par l'Agreste présente la répartition du territoire au niveau départemental ainsi que les effectifs animaux des exploitations agricoles en 2008.

|                                          | Effectif 2008    |
|------------------------------------------|------------------|
| Vaches laitières                         | 188 717          |
| Vaches nourrices                         | 81 150           |
| <b>Total vaches</b>                      | <b>269 867</b>   |
| Bovins de plus de 2 ans                  | 95 544           |
| Bovins de 1 à 2 ans                      | 149 120          |
| Bovins de moins d'1 an                   | 186 382          |
| <b>Total bovins</b>                      | <b>431 046</b>   |
| <b>Total équidés</b>                     | <b>13 319</b>    |
| Chevrettes                               | 569              |
| Chèvres                                  | 1 532            |
| Autres caprins                           | 339              |
| <b>Total caprins</b>                     | <b>2 440</b>     |
| Agnelles                                 | 5 768            |
| Brebis-mères                             | 38 740           |
| Autres ovins                             | 16 664           |
| <b>Total ovins</b>                       | <b>61 172</b>    |
| Porcelets et jeunes porcs (20 à 50kg)    | 265 300          |
| Truies et verrats de 50kg et plus        | 43 740           |
| Porcs à l'engraissement                  | 215 300          |
| <b>Total porcins</b>                     | <b>524 340</b>   |
| Poules pondeuses                         | 303 000          |
| Poulettes                                | 331 000          |
| Poulets de chair (y.c coqs et coquelets) | 5 000 000        |
| Canards (à rôti, à gaver)                | 25 000           |
| Dindes et dindons (au 01/10/2008)        | 845 000          |
| Oies (au 01/10/2008)                     | 10 000           |
| Pintades                                 | 163 000          |
| Cailles d'élevage                        | 29 000           |
| <b>Total volailles</b>                   | <b>6 706 000</b> |

**Tableau 36. Effectifs animaux des exploitations agricoles en fin d'année 2008 (Agreste, SAA)**

Le tableau ci-dessous présente les gisements bruts de matière mobilisable par catégorie d'élevage et type d'effluent (on laisse de côté le gisement de fumier des équidés et caprins du fait du faible effectif de ces animaux) :

| TYPE D'ELEVAGE        | TYPE DE GISEMENT  | MATIERE BRUTE MOBILISABLE (tonnes) | MATIERE ORGANIQUE MOBILISABLE (tonnes) |
|-----------------------|-------------------|------------------------------------|----------------------------------------|
| Vaches                | Lisier            | 253 230                            | 19 182                                 |
| Bovins                | Lisier            | 404 473                            | 30 639                                 |
| Porcins               | Lisier            | 652 705                            | 29 268                                 |
| Volailles             | Lisier et fientes | 253 262                            | 18 932                                 |
| Vaches                | Fumier            | 1 189 956                          | 223 125                                |
| Bovins                | Fumier            | 1 900 661                          | 356 387                                |
| Porcins               | Fumier            | 214 395                            | 40 199                                 |
| Ovins                 | Fumier            | 41 235                             | 10 723                                 |
| Volailles             | Fumier            | 124 948                            | 41 649                                 |
| <b>Total (tonnes)</b> |                   | <b>5 034 865</b>                   | <b>770 104</b>                         |

**Tableau 37. Gisement brut de matière méthanisable par type d'élevage et d'effluent**

La production de méthane que l'on peut attendre de la digestion anaérobie de ces matières premières est donnée à titre d'information dans le tableau ci-après.

Ces données sont issues de différentes sources (telles que l'ADEME), consistant elles-mêmes en une compilation de plusieurs publications.

L'étude conduite par la Fédération Régionale des Coopératives Agricoles donnait pour sa part une ressource en effluents d'élevage estimée à 5 200 000 tonnes soit un résultat très proche du notre (5 034 865 tonnes).

Remarque : Les potentiels méthanogènes sont variables pour une même espèce animale. Par exemple, des tests réalisés sur un lisier de truie gestante donnent un potentiel de 303 NL CH<sub>4</sub>/kg MO, contre 442 NL CH<sub>4</sub>/kg MO pour un lisier de porc post sevrage. Il a donc été choisi de présenter une fourchette de production de méthane plutôt qu'une valeur unique.

| TYPE D'ELEVAGE                | POTENTIEL METHANOGENE (Nm <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /t MO)<br>Min | POTENTIEL METHANOGENE (Nm <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /t MO)<br>Max |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| Vaches - Lisier               | 200                                                                  | 260                                                                  |
| Bovins - Lisier               | 200                                                                  | 260                                                                  |
| Porcins - Lisier              | 260                                                                  | 450                                                                  |
| Volailles (lisier et fientes) | 200                                                                  | 450                                                                  |
| Vaches - Fumier frais         | 200                                                                  | 300                                                                  |
| Bovins - Fumier frais         | 200                                                                  | 300                                                                  |
| Porcins - Fumier              | 200                                                                  | 220                                                                  |
| Ovins - Fumier frais          | 400                                                                  | 500                                                                  |
| Volailles - Fumier            | 200                                                                  | 210                                                                  |

**Tableau 38. Potentiel méthanogène de différents intrants (Compilation de plusieurs sources, dont ADEME)**

### 8.1.2. Résidus de cultures

|                       |                 | Production de résidus [t MS/ha] | Taux de retour au sol          |
|-----------------------|-----------------|---------------------------------|--------------------------------|
| Céréales              | Blé tendre      | 3,5                             | 67%                            |
|                       | Blé dur         | 3                               | 67%                            |
|                       | Orge            | 3                               | 67%                            |
|                       | Maïs            | 5,5                             | 50%                            |
|                       | Autres céréales | 3                               | 67%                            |
| Oléagineux            | Colza           | 0,5                             | Intégré au ratio de production |
|                       | Tournesol       | 2,6                             | Intégré au ratio de production |
|                       | Lin oléagineux  | 1,3                             | 50%                            |
| Plantes saccharifères | Betterave       | 6                               | Intégré au ratio de production |
|                       | Canne à sucre   | 2,1                             | Intégré au ratio de production |
|                       |                 |                                 |                                |

**Tableau 39. Production de résidus de culture et taux de retour au sol**

A partir des surfaces de cultures données par l'AGRESTE et des hypothèses présentées ci-dessus, nous avons estimé les tonnages bruts de matière organique mobilisable pour une valorisation dans des installations de méthanisation.

| CULTURE                | SURFACE DE PRODUCTION (ha) | MATIERE SECHE MOBILISABLE (tonnes MS) | MATIERE ORGANIQUE MOBILISABLE (tonnes MO) |
|------------------------|----------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------|
| Blé tendre             | 280 900                    | 324 440                               | 293 293                                   |
| Orge                   | 71 600                     | 70 884                                | 64 930                                    |
| Maïs                   | 20 300                     | 29 029                                | 22 875                                    |
| Avoine                 | 3 200                      | 3 168                                 | 2 911                                     |
| Pois protéagineux      | 1 600                      | 1 584                                 | 1 378                                     |
| Féveroles              | 6 000                      | 5 940                                 | 5 168                                     |
| Colza                  | 20 000                     | 10 000                                | 9 000                                     |
| Betterave industrielle | 55 500                     | 54 945                                | 43 736                                    |
| Lin textile            | 10 500                     | 6 825                                 | 6 143                                     |
| Total                  | 469 600                    | 499 990                               | 443 291                                   |

**Tableau 40. Surfaces de cultures et tonnage brut mobilisable de résidus de cultures (Agreste)**

Les ratios de pourcentage de matière organique de la matière sèche sont issus de différentes sources bibliographiques, telles que ITCF, l'ADEME ou l'INRA.

L'étude conduite par la Fédération Régionale des Coopératives Agricoles donnait pour sa part une ressource totale de 490 000 tonnes/an.

! Les données présentées ci-dessus représentent des gisements bruts potentiels. La concurrence des usages de ces gisements n'est pas prise en compte ici (hormis le retour au sol) : utilisation de la paille en litière animale, exportation éventuelle de la paille hors région, utilisation de la paille pour une autre valorisation énergétique (combustion).



La production de méthane que l'on peut attendre de la digestion anaérobie de ces matières premières est donnée à titre d'information dans le tableau ci-après. Ces données sont issues de différentes sources (telles que Méthasim, l'ADEME), consistant elles-mêmes en une compilation de plusieurs publications. Les potentiels méthanogène des pois protéagineux, féveroles et lin textile sont estimés à 200Nm<sup>3</sup> par tonne de matière organique<sup>10</sup>, à défaut de données plus précises. Cette valeur est dans la fourchette basse des potentiels des autres résidus de culture.

| CULTURE               | POTENTIEL<br>METHANOGENE<br>(Nm3 CH4/t MO) |
|-----------------------|--------------------------------------------|
| Blé tendre - paille   | 231                                        |
| Orge - paille         | 226                                        |
| Maïs - paille / canne | 483 / 173                                  |
| Avoine - paille       | 200                                        |
| Pois protéagineux     | 200                                        |
| Féveroles             | 200                                        |
| Colza - paille        | 129                                        |
| Betterave - feuilles  | 355                                        |
| Lin textile           | 200                                        |

**Tableau 41. Potentiel méthanogène de différents intrants (Compilation de plusieurs sources, dont Méthasim)**

## 8.2. DECHETS ORGANIQUES EN PROVENANCE DES INDUSTRIES AGRO-ALIMENTAIRES

Ces déchets désignent l'ensemble des déchets générés par les industries agroalimentaires de transformation et de conditionnement de produits alimentaires animaux ou végétaux. Ils présentent souvent une variabilité saisonnière ainsi qu'une grande diversité. Ils comprennent :

- des produits animaux issus de la viande, du poisson et du lait
- des produits végétaux issus de la filière vinicole et de la transformation des fruits, légumes, céréales et oléagineux
- des déchets de matières premières végétales ou animales
- des chutes de produits élaborés ou des produits déclassés
- des boues issues du traitement des effluents.

Le tableau ci-après présente des exemples de déchets générés par activité de l'entreprise.

<sup>10</sup> Solagro : 500m<sup>3</sup> de méthane produits par tonne de matière organique dégradée, en prenant l'hypothèse d'un taux de dégradation de la matière organique de 40% pour les résidus de culture.

| Activité                                                                                     | Déchets générés                                                                                                                                                                                            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Industrie de la viande<br>Abattage de bovins, ovins, caprins, porcins et filière charcuterie | Graisses, sang, os, abats, déchets de découpe, cuir, poils...                                                                                                                                              |
| Industrie du poisson                                                                         | Arêtes, peaux...                                                                                                                                                                                           |
| Laiterie, fromagerie                                                                         | Lactosérum, eaux de lavage, boues                                                                                                                                                                          |
| Sucrerie, distillerie de betteraves                                                          | Mélasses, pulpes humides, écumes, herbes et radicules, tares terreuses.                                                                                                                                    |
| Distilleries de brasserie, cidreries, malteries                                              | Marc de pomme, gâteau de filtration (cidrerie), boues, effluents                                                                                                                                           |
| Viticulture                                                                                  | Marc de raisin, lies, vinasses, déchets de distillation et de fermentation vinicole                                                                                                                        |
| Transformation des oléoprotéagineux (céréales)                                               | Tourteaux, coques...                                                                                                                                                                                       |
| Fruits et légumes                                                                            | Déchets de légumes en conserveries, fruits et légumes de retrait<br>Effluents (eaux de process, de lavage...), déchets végétaux (déchets de dégrillage, de parage et de découpe), déchets inertes (terres) |
| Amidonneries, féculeries                                                                     | Eaux de féculerie, produits solides                                                                                                                                                                        |
| Boissons non alcoolisées (jus de fruit, eaux, sirops, etc.)                                  | Boues, effluents                                                                                                                                                                                           |

**Tableau 42. Exemples de déchets d'Industries Agro Alimentaires selon leur activité**

On compte plus de 2 300 entreprises agro-alimentaires sur la région, réparties de la manière suivante par activité :

| Activité des Industries Agro Alimentaires             | Nombre - Nord Pas de Calais |
|-------------------------------------------------------|-----------------------------|
| Alimentation infantile et diététique                  | 39                          |
| Aliments pour animaux                                 | 1                           |
| Aviculture                                            | 262                         |
| Biscuiterie, biscotterie, boulangeries, pâtisseries   | 170                         |
| Boissons alcoolisées                                  | 77                          |
| Boissons sans alcool                                  | 60                          |
| Café, thé et chicorée                                 | 43                          |
| Charcuterie                                           | 191                         |
| Chocolateries, confiseries, sucre, miels, confitures  | 169                         |
| Condiments, sauces et huile                           | 45                          |
| Fruits et légumes                                     | 343                         |
| Plats cuisinés, traiteur, pâtes alimentaires fraîches | 200                         |
| Produits de la mer et d'eau douce                     | 113                         |
| Produits laitiers + crèmes glacées et sorbets         | 296                         |
| Travail du grain et des céréales                      | 17                          |
| Viandes, gibier, foie gras, escargot                  | 301                         |
| Total                                                 | 2 327                       |

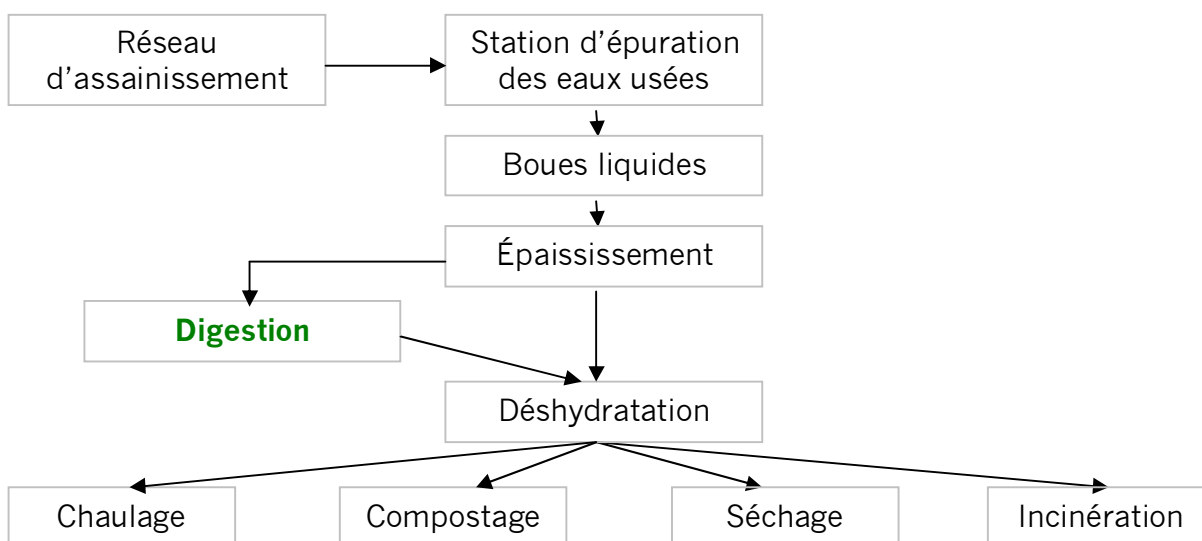
**Tableau 43. Entreprises agro-alimentaires par activité (Annuaire agroalimentaire du Nord-Pas-de-Calais)**

L'étude conduite par la Fédération Régionale des Coopératives Agricoles nous indique un potentiel de 4 700 000 tonnes pour les effluents agroalimentaires.

### 8.3. BOUES DE STATIONS D'EPURATION

Première étape du traitement des boues après les phases de décantation, la méthanisation facilite le traitement des boues quelque soit leur destination finale : valorisation agronomique, incinération, enfouissement, etc.

En effet, ce procédé permet de réduire fortement le volume des boues (environ 40%), tout en réduisant leurs nuisances olfactives. De plus, il permet de produire un digestat valorisable en fertilisant, et du biogaz.



**Figure 10. Filières de gestion des boues**

Les boues sont plus ou moins chargées en matière organique en fonction du mode opératoire de traitement des eaux. Les boues primaires ainsi que les boues mixtes (primaires et biologiques) présentent une forte charge de matière organique biodégradable. Ainsi, leur méthanisation permettra de produire un volume de méthane plus important.

A titre d'information, une productivité moyenne de 225 m<sup>3</sup> de méthane par tonne de matière sèche introduite en digestion peut être attendue. Cette productivité varie de 120 m<sup>3</sup> à 320m<sup>3</sup> sur 20 stations enquêtées<sup>11</sup>.

Les boues peuvent être digérées sur place ou livrées dans des usines de co-digestion, où elles seront méthanisées avec d'autres déchets, tels que les déchets agricoles. Dans le cas d'une méthanisation sur place, le seuil minimal de faisabilité serait de 10 000EH<sup>12</sup>.

La quantité de boues de STEP sur la région a été de 443 959 tonnes de boues brutes (source : profil environnemental Nord-Pas-de-Calais). Le taux de recyclage agricole des boues urbaines a été de 86% dans le Nord et 91% dans le Pas-de-Calais, aussi, une faible quantité resterait pour un autre usage.

<sup>11</sup> « La digestion anaérobie des boues urbaines, état des lieux, état de l'art », Agence de l'Eau Adour Garonne, chiffres basés sur des données réelles d'exploitation.

<sup>12</sup> « La digestion anaérobie des boues urbaines, état des lieux, état de l'art »

## 8.4. GISEMENTS NETS DE LA FILIERE METHANISATION

| TYPE DE COLLECTE                                 | MATIERE TOTAL<br>(en tonnes) | MATIERE<br>MOBILISABLE (en<br>tonnes) | Production<br>d'électricité<br>(MWh/an) | Prodction de<br>chaleur (MWh/an) |
|--------------------------------------------------|------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------|
| Effluents d'élevages                             | 5 034 865                    | 770 104                               | 549 409                                 | 784 870                          |
| Fraction fermentescible des<br>ordures ménagères | --                           | --                                    |                                         |                                  |
| Boues de stations d'épuration                    | --                           | --                                    |                                         |                                  |
| Résidus de cultures                              | 499 990                      | 443 291                               | 377 256                                 | 538 937                          |
| Déchets agro-alimentaires                        | 4 700 000                    | 2 350 000                             | 613 174                                 | 875 963                          |
| <b>TOTAL :</b>                                   |                              |                                       | <b>1 539 839</b>                        | <b>2 199 770</b>                 |

Tableau 44. Synthèse des ressources de matière mobilisable pour des projets de méthanisation

## 8.5. DEVELOPPEMENT DE PROJETS

Un projet d'une installation de méthanisation se déroule selon les phases suivantes :

| MOIS                                       | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | ... | 26 | 27 | 28 | ... | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 |
|--------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|----|----|----|-----|----|----|----|----|----|
| Enquête gisements                          |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |    |    |    |     |    |    |    |    |    |
| Débouchés thermiques                       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |    |    |    |     |    |    |    |    |    |
| Dimensionnement technique                  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |    |    |    |     |    |    |    |    |    |
| Consultation des constructeurs             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |    |    |    |     |    |    |    |    |    |
| Validation économique                      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |    |    |    |     |    |    |    |    |    |
| Contractualisation et validation juridique |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |    |    |    |     |    |    |    |    |    |
| Montage de la société d'exploitation       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |    |    |    |     |    |    |    |    |    |
| Permis de construire                       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |    |    |    |     |    |    |    |    |    |
| Procédure ICPE                             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |    |    |    |     |    |    |    |    |    |
| Procédure de raccordement électrique       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |    |    |    |     |    |    |    |    |    |
| Construction de l'unité de méthanisation   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |    |    |    |     |    |    |    |    |    |
| Mise en service                            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |    |    |    |     |    |    |    |    |    |

Tableau 45. Calendrier d'un projet de méthanisation (Solagro)

Chaque étape peut présenter des contraintes susceptibles de freiner voire de stopper le projet. Par exemple, les paramètres suivants sont à étudier précisément :

- L'enquête sur les gisements : il est nécessaire de s'assurer que l'approvisionnement en intrants sera suffisant et cohérent pour alimenter le digesteur. La saisonnalité de certains intrants, la variation de leur potentiel méthanogène en fonction de la période de l'année, la compatibilité des intrants entre eux pour assurer une bonne ration (pourcentage de matière sèche dans le digesteur, rapport C/N, etc.) sont des paramètres à étudier précisément.  
Par exemple, pour une installation de méthanisation à la ferme, l'ADEME recommande de disposer continuellement de déjections animales en quantité suffisante et constante, ainsi que d'autres matières organiques (plantes énergétiques, déchets agro-alimentaires, déchets de collectivités, etc.) pour améliorer le pouvoir méthanogène de la ration. Un minimum de 200t de matière sèche de substrat est recommandé.  
La sécurisation des intrants par une contractualisation de leur livraison ou achat sur plusieurs années est recommandée.
- Les débouchés thermiques : dans l'hypothèse où le biogaz est valorisé sous forme de chaleur par cogénération ou par chaudière, il faut s'assurer que cette chaleur pourra être valorisée au maximum.  
Elle peut être valorisée sur site dans le cas d'une petite unité de production (pour alimenter le digesteur en chaleur, les bâtiments d'habitation de la ferme, la salle de traite, etc.) La chaleur peut aussi être valorisée sur un autre site (lotissement d'habitations, usine de production, etc.). Il faut alors s'assurer de la faisabilité technique et économique de la valorisation de chaleur. La demande doit être située à proximité de l'unité de production de biogaz.  
Si le biogaz est valorisé par cogénération, l'électricité produite pourra être revendue. Il faut alors s'assurer de la présence d'un transformateur à proximité de l'installation de méthanisation (de l'ordre de 100m maximum selon Rhône Alpes Énergie Environnement (RAEE))
- La valorisation du digestat : contrairement au compost, le digestat ne fait pas l'objet d'une homologation ou d'une norme qui permettrait sa commercialisation, il ne peut donc pas être valorisé dans un circuit commercial. Les unités de méthanisation doivent donc supporter les contraintes d'évacuation de ce qui reste un déchet. Seuls les éleveurs ont l'avantage de pouvoir utiliser le digestat dans leur plan d'épandage, à condition qu'ils ne se trouvent pas en excédent structurel d'azote. A défaut, ils doivent trouver des terres supplémentaires pour leur plan d'épandage<sup>13</sup>.  
Dans une logique produit, le digestat peut faire l'objet d'une homologation puis normalisation, mais la procédure est longue et coûteuse (18 mois, 40 000€ selon Solagro).
- Le dimensionnement technique nécessite de prendre en compte les caractéristiques de la parcelle susceptible d'accueillir l'installation : selon RAEE, une surface supérieure à 2000m<sup>2</sup> est un pré-requis. La présence d'habitations occupées par des tiers (hors famille ou gîte) à moins de 50m

<sup>13</sup> « Évaluation des conditions de développement d'une filière de méthanisation « à la ferme » des effluents d'élevage », MEEDDM et MAP, Février 2008.

du site d'implantation projeté pour la méthanisation stoppe le projet. De plus, la zone d'implantation de l'installation doit être en accord avec le plan local d'urbanisme et les dispositions relatives à la protection de l'environnement et des paysages. Il faut faire attention à la destination de la parcelle (zone industrielle, zone agricole...), aux mesures environnementales de type "Natura 2000" et à la prévention des risques (inondations, etc...)

- La validation économique : la principale cause d'abandon de projets de méthanisation est le manque de rentabilité du projet, dû à des coûts d'investissements trop élevés. L'obtention de subventions associée au tarif de rachat de l'électricité conditionne souvent la rentabilité du projet.
- L'acceptabilité sociale du projet : afin de favoriser ou de mieux assurer l'acceptabilité sociale, les projets de méthanisation gagnent à s'inscrire dans une démarche associant les populations riveraines et les élus locaux aux différentes étapes de l'élaboration du projet, dans un dialogue. Les problèmes d'odeur ou le transport des intrants peuvent être mis en avant par les riverains pour s'opposer au projet.
- L'exploitation de l'installation : elle représente une charge de travail supplémentaire pour l'exploitant. Celui-ci doit disposer d'un minimum de temps (1 à 2 heures) chaque jour, pour alimenter, contrôler et suivre l'installation. Il est également recommandé d'avoir des compétences en mécanique. La gestion du processus chimique de méthanisation peut présenter une contrainte.

La préparation des projets de méthanisation à la ferme doit être particulièrement détaillée (au niveau technico-économique, insertion environnementale, acceptabilité sociale, etc.), ce qui nécessite un accompagnement en terme d'ingénierie, de conseil et d'appui. La réussite de la méthanisation « à la ferme » doit passer par une structuration (amont et aval) de cette filière naissante en mettant en place des mécanismes d'accompagnement.

Un partenariat associant les collectivités territoriales pourrait conduire à une meilleure valorisation des sources de déchets disponibles et de la production locale d'énergie. Il peut en outre faciliter les regroupements de projets individuels et l'émergence d'unités de taille plus importante.

Une structure régionale unique pourrait être créée pour promouvoir le process et informer les porteurs de projets, favoriser l'émergence d'un tissu d'entreprises disposant des savoir-faire pour assurer la construction, la maintenance et le suivi des installations, etc..

## 8.6. LES GISEMENTS PLAUSIBLES POUR LA METHANISATION

La ressource est présente sur le territoire, essentiellement pour des projets dans l'industrie agroalimentaire. Le développement des projets tient essentiellement à la dynamique actuelle et aux nombres de projets déjà en fonctionnement sur le territoire qui formeront une vitrine de démonstration pour d'autres maîtres d'ouvrages.

Nous avons fixé un objectif de valorisation à hauteur de 5% des gisements nets identifiés. Cela représente de doubler la production de chaleur actuelle et de multiplier par 30 la production actuelle d'électricité dans des méthaniseurs.



## 9. LA GEOTHERMIE

### 9.1. PRESENTATION DE LA GEOTHERMIE

Selon le niveau de température de la ressource, on distingue différents types de géothermie, auxquels correspondent différents usages :

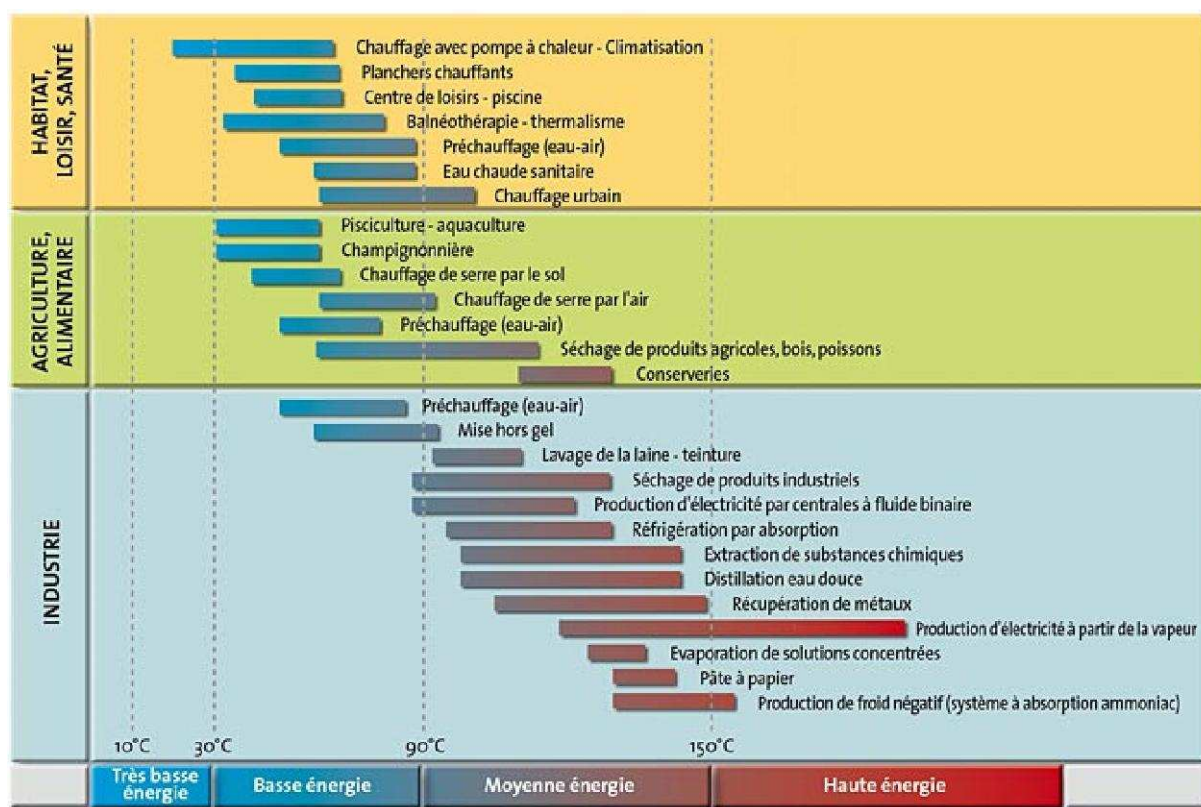


Figure 11. Principales utilisations de la géothermie en fonction des températures de la ressource (Géothermie Perspectives)

#### ■ La géothermie haute énergie (Température supérieure à 150°C)

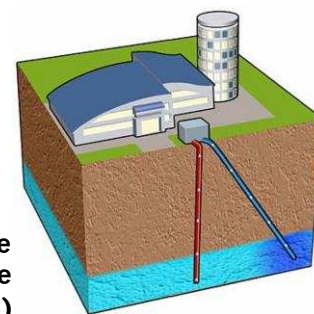
La géothermie haute énergie concerne les fluides qui atteignent des températures supérieures à 150°C. Les réservoirs, généralement localisés au delà de 1500m de profondeur, se situent dans les zones de gradient géothermique anormalement élevé. Lorsqu'il existe un réservoir, le fluide peut être capté sous forme de vapeur sèche ou humide pour la production d'électricité.

#### ■ La géothermie moyenne énergie (Température comprise entre 90°C et 150°C)

La géothermie moyenne énergie se présente sous forme d'eau chaude ou de vapeur humide à une température comprise entre 90°C et 150°C. Elle se retrouve dans des zones propices à la géothermie haute énergie, mais à des profondeurs inférieures (environ 1000m). Elle se situe également dans les bassins sédimentaires, à des profondeurs de 2000 à 4000m.

#### ■ La géothermie basse énergie (Température comprise entre 30°C et 90°C)

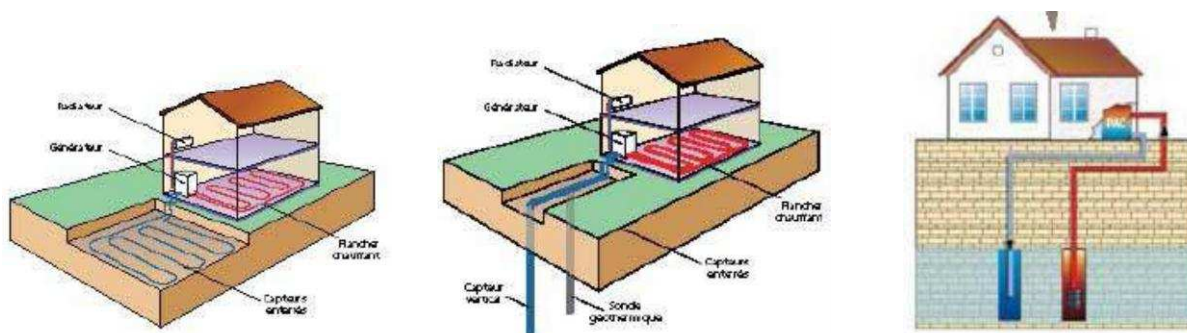
L'eau chaude contenue dans les aquifères profonds des bassins sédimentaires (1500 à 2000m) est extraite et utilisée directement, via un échangeur de chaleur pour le chauffage. Plus de trente réseaux de chaleur urbains sont alimentés par ce type de géothermie en France métropolitaine.



**Figure 12. Installation de géothermie basse énergie (ADEME, BRGM)**

#### ■ La géothermie très basse énergie (Température inférieure à 30°C)

Ce type de géothermie utilise la ressource des terrains ou des aquifères peu profonds (en général moins de 100m). La température exploitée est inférieure à 30°C, et généralement comprise entre 9 et 15°C. Pour exploiter cette gamme de températures, il est nécessaire de recourir à l'utilisation de pompes à chaleur. Celles-ci peuvent fonctionner sur des dispositifs d'extraction d'énergie du sol (capteurs horizontaux, profondeur inférieure à 2m), du sous-sol (capteurs verticaux, profondeur inférieure à 100m), ou sur l'eau souterraine des aquifères peu profonds (puits de pompage).

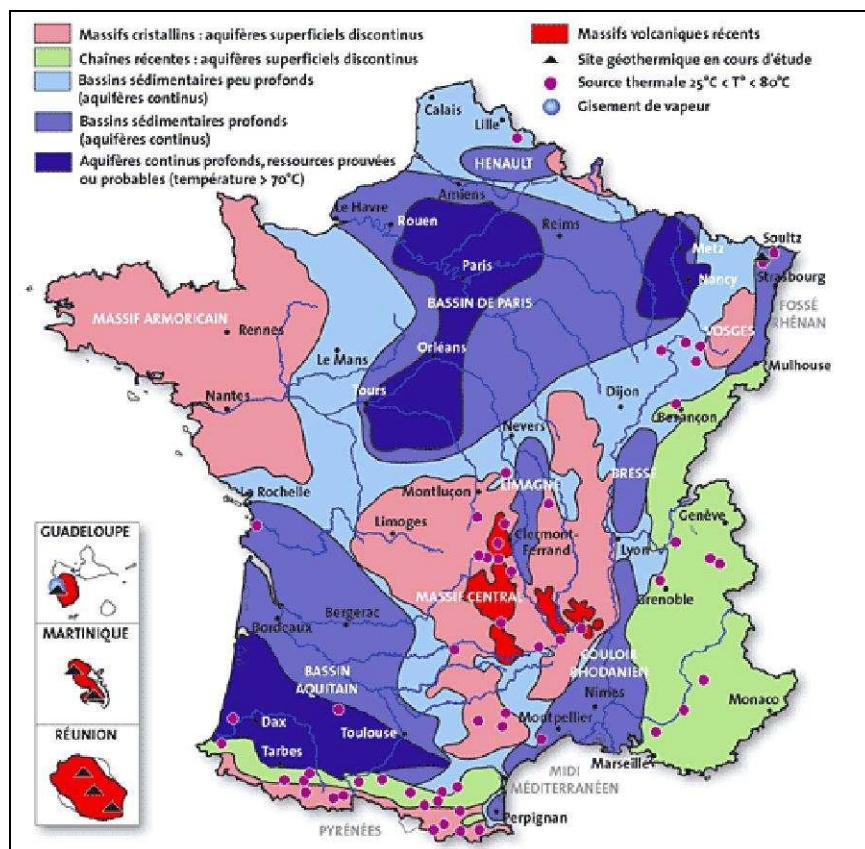


**Figure 13. Géothermie sur capteurs horizontaux, capteurs verticaux, et sur aquifère superficiel (ADEME)**

## 9.2. GEOTHERMIE BASSE ET TRES BASSE ENERGIE

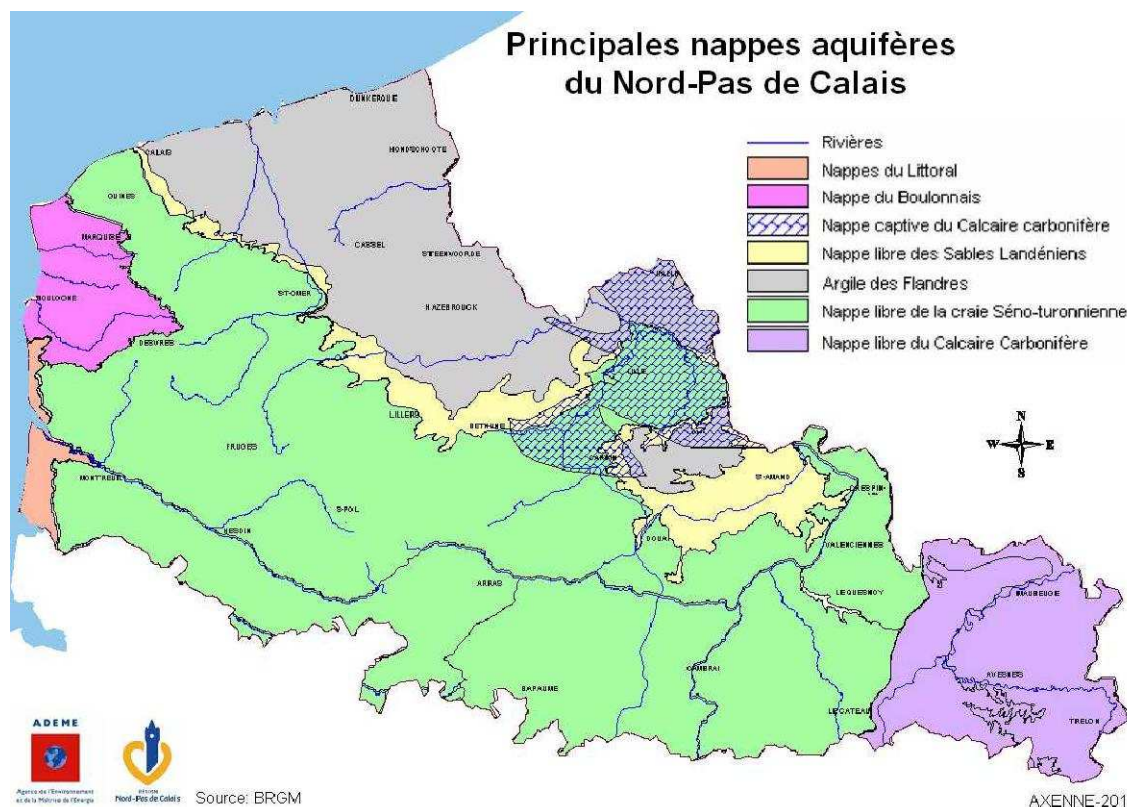
Le BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières) a établi une carte des ressources géothermiques en France (Cf. carte ci-dessous).

Le Nord-Pas-de-Calais présente principalement des bassins sédimentaires peu profonds.



**Carte 8. Le cadre géologique des ressources géothermiques en France (BRGM)**

La région compte sept nappes aquifères principales :



**Carte 9. Principales nappes aquifères de la région (BRGM)**



- Nappe des calcaires carbonifères  
On trouve les calcaires carbonifères à l'affleurement dans la zone de l'Avesnois (profondeur d'environ 4m par rapport au sol) et en profondeur dans le secteur de Lille (profondeur proche de 100m).  
L'épaisseur théorique de la nappe est respectivement de 350m et 50m.
- Nappe du Boulonnais
- Nappe de la Craie  
C'est la plus importante nappe de la région. Elle est exploitée par de nombreux captages pour tous les usages (AEP, industrie et agriculture). Elle est libre sur la plus grande partie du territoire. Elle devient progressivement captive sous les bassins tertiaires des Flandres et d'Orchies où elle perd rapidement sa bonne productivité.  
L'épaisseur théorique varie de quelques mètres à l'est à environ 100m à l'ouest. Le régime libre de cette nappe implique des variations de niveau saisonnières et interannuelles, liées à la pluviométrie.
- Nappe des sables landéniens  
D'une épaisseur moyenne de 15 à 20m, sa profondeur est faible en zone d'affleurement, et peut atteindre 100m vers le centre des bassins.
- Nappes du quaternaire  
Les formations quaternaires ont une épaisseur faible et une perméabilité variable. La plus importante nappe est représentée par les « sables pissards » de la plaine maritime flamande.  
Les sables dunaires côtiers sont nettement moins étendus, ils sont également aquifères, mais peu exploités.  
Les alluvions et les limons en vallées humides constituent de petits aquifères, habituellement en relation hydraulique avec les réservoirs sous-jacents.  
La nappe des Wateringues est constituée par un assemblage de parcelles où la surface est libre. Elle est extrêmement sensible à la pluviosité, car elle est proche du sol et le ruissellement joue un rôle non négligeable dans l'hydraulique du système.

Pour définir le potentiel géothermique d'un aquifère, il est nécessaire d'évaluer un certain nombre de paramètres :

- La géométrie de l'aquifère : son toit (limite supérieure) ainsi que son mur (limite inférieure)
- La profondeur du niveau piézométrique et l'épaisseur de la nappe
- La transmissivité de l'aquifère et/ou son débit
- La température de l'eau de nappe
- La qualité physico-chimique de l'eau de nappe, notamment son caractère corrosif ou entartrant.

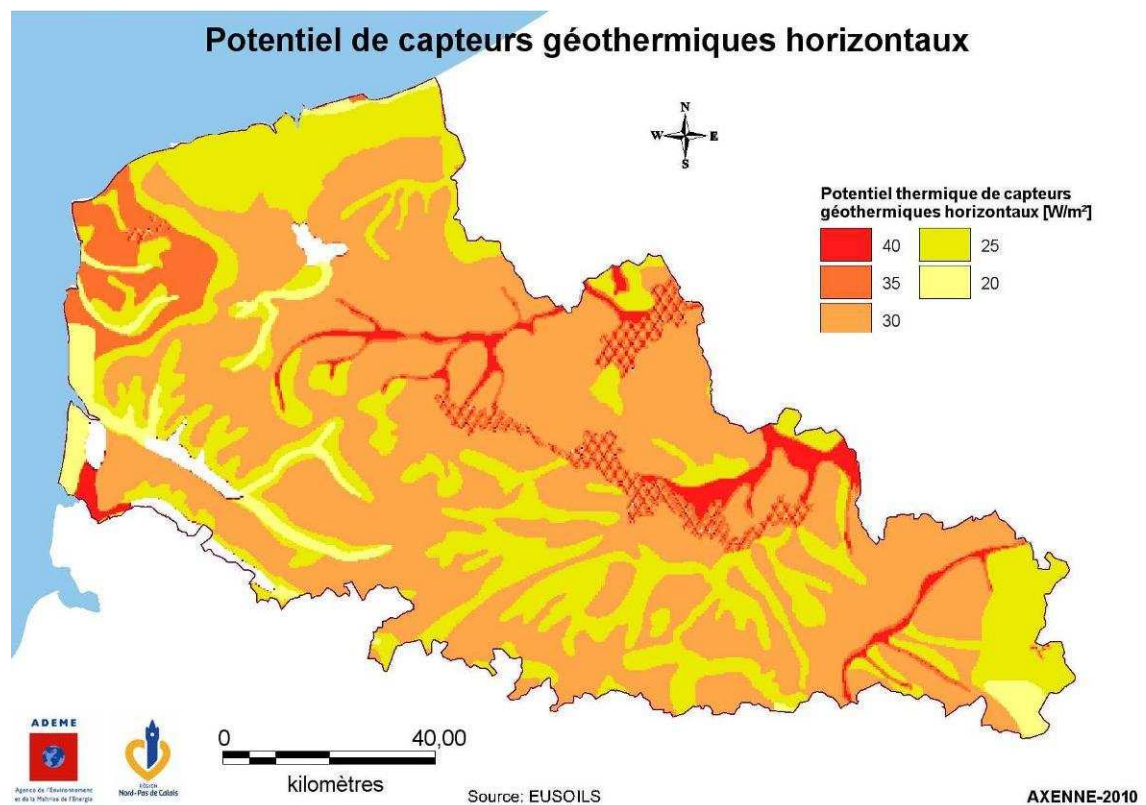
Une étude du potentiel géothermique sur la région Nord-Pas-de-Calais est en cours de réalisation.

### 9.3. GEOTHERMIE SUR CAPTEURS HORIZONTAUX

La conductivité thermique d'un terrain diffère selon deux paramètres principaux : son humidité et sa texture. En effet, plus un sol est humide et plus sa texture est fine, meilleure sera sa conductivité thermique. Le potentiel géothermique a donc été déterminé en croisant ces deux types de données sur tout le territoire.

Les cartes d'humidité et de texture du sol sont fournies par le serveur EUSOILS (portail de la Commission Européenne sur les sols en Europe).

La carte ci-dessous résulte du croisement des données d'humidité et de texture, et présente le potentiel thermique en watt d'un mètre carré de surface horizontale.



**Carte 10. Potentiel thermique de capteurs géothermiques horizontaux [W/m²] (EUSOILS)**

Le potentiel de capteurs géothermiques horizontaux varie de 20 à 40W/m². Il est maximal en bordure de la Sambre, de la Lys ou encore de l'Escaut.

#### Remarques :

Les zones quadrillées en orange et rouge correspondent à une absence de données, due à une forte urbanisation.

Les zones blanches correspondent à une absence de texture.

Localement, les caractéristiques d'un terrain peuvent différer de celles de la zone dans laquelle il se trouve, son potentiel géothermique s'en trouvant changé.

## 9.4. LES CONTRAINTES ET RISQUES LIES A LA GEOTHERMIE

Plusieurs contraintes ainsi que des risques, sont à prendre en compte lors de l'étude de potentiel ou de faisabilité d'une opération géothermique.

### 9.4.1. Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux

Le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) est un document de planification qui fixe, pour une période de six ans, « les orientations fondamentales d'une gestion équilibrée et durable de la ressource en eau et les objectifs de qualité et de quantité des eaux » (article L212-1 du code de l'environnement) à atteindre dans le bassin de l'Artois Picardie.

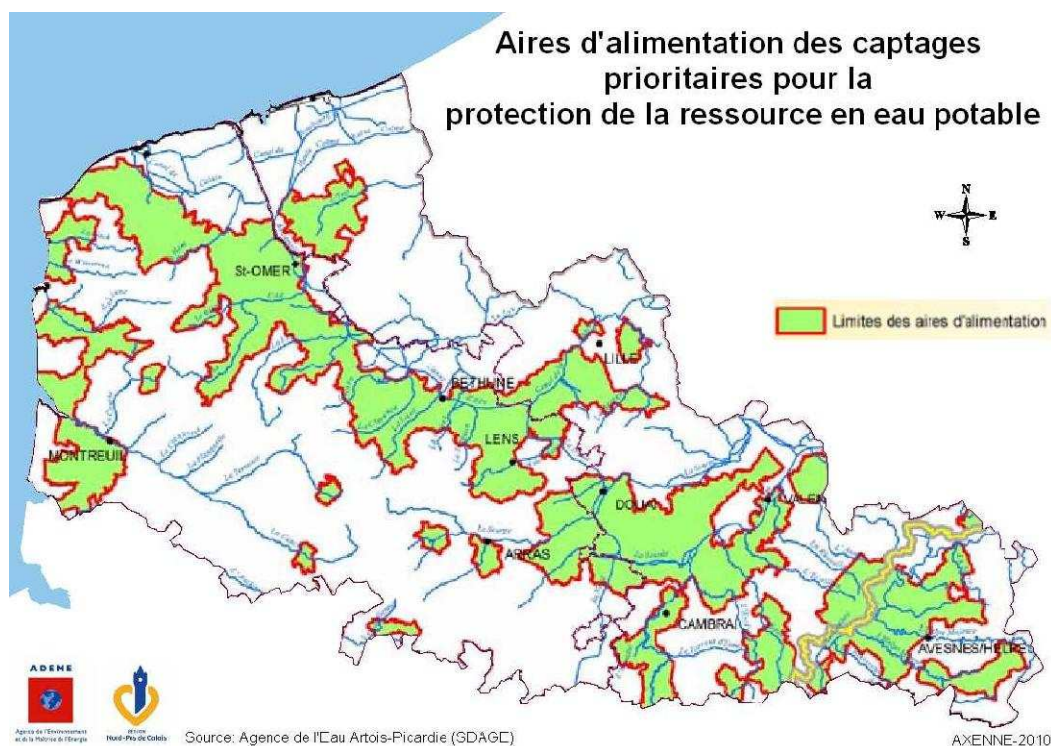
Approuvé en décembre 2009, il fixe le programme de mesures à suivre de 2010 à 2015.

En ce qui concerne les eaux souterraines, les orientations 7 « Assurer la protection des aires d'alimentation des captages d'eau potable » et 8 « Anticiper et prévenir les situations de crise par la gestion équilibrée des ressources en eau » représentent des contraintes pour la géothermie.

#### 9.4.1.1. Protection des captages d'eau potable

La protection des aires d'alimentation des captages d'eau potable vise à préserver durablement la quantité et la qualité de l'eau prélevée afin de limiter les fermetures de captage et la multiplication de nouveaux forages ou de traitements curatifs.

La carte ci-dessous met en évidence les aires d'alimentation des captages prioritaires pour la protection de la ressource en eau potable.



**Carte 11. Aire d'alimentation des captages prioritaires pour la protection de la ressource en eau potable (SDAGE Artois-Picardie)**



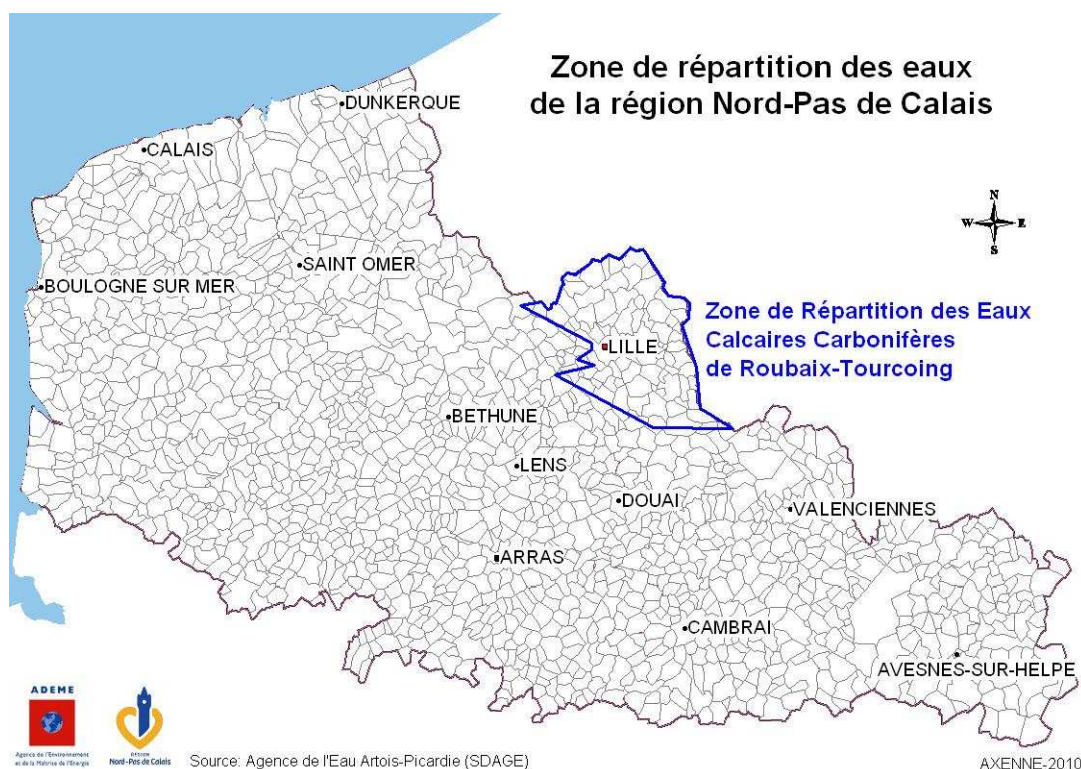
### 9.4.1.2. Gestion équilibrée des ressources en eau

Extraits du SDAGE :

Le bassin Artois-Picardie n'est pas sujet à des déficits chroniques à l'échelle du bassin. La gestion des ressources est globalement satisfaisante. [...] Certains déséquilibres quantitatifs peuvent exister certaines années localement, dans des secteurs où les prélèvements sont particulièrement intenses, avec potentiellement des conflits d'usage. Une spécificité du bassin est en effet de connaître une densité de population très importante (240 hab/km<sup>2</sup>), très supérieure à la moyenne nationale (108 hab/km<sup>2</sup>), qui génère des prélèvements importants sur la ressource. [...] Les nappes jouent un rôle primordial dans l'alimentation des rivières durant la période d'étiage. Une part importante des zones humides est également directement liée au niveau des nappes, d'où l'importance de les considérer en premier lieu dans la gestion des étiages. Il importe donc d'être vigilant sur la gestion quantitative de l'eau en général. Lorsque la sécheresse s'installe, cette gestion peut se transformer en gestion de crise qui rend nécessaire de prendre des restrictions progressives d'usages selon des seuils prédéfinis.

L'état quantitatif d'une eau souterraine est considéré comme bon lorsque les prélèvements ne dépassent pas la capacité de renouvellement de la ressource disponible, compte tenu de la nécessaire alimentation en eau des écosystèmes aquatiques de surface et des zones humides directement dépendantes. La dégradation de la qualité des eaux souterraines peut engendrer des pressions quantitatives plus fortes sur les eaux de bonne qualité.

Une « Zone de Répartition des Eaux » a été mise en place sur la nappe des Calcaires Carbonifères de Roubaix Tourcoing. L'objectif de bon état quantitatif de cette nappe est fixé pour 2027.



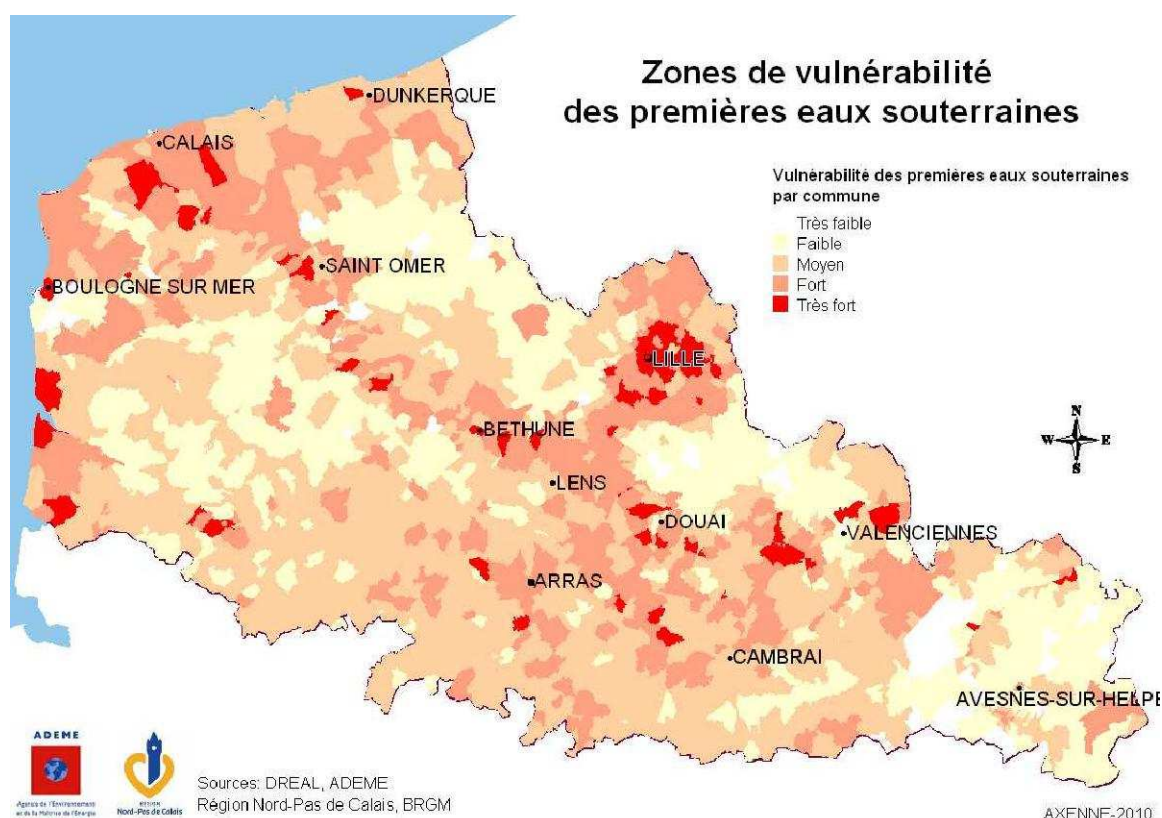
**Carte 12. Zone de Répartition des Eaux en Nord-Pas-de-Calais (Agence de l'Eau Artois-Picardie)**

### 9.4.2. Vulnérabilité des eaux souterraines

Les eaux souterraines de la région sont une ressource importante en eau potable. Elles sont soumises à des pressions polluantes, d'origines urbaine, industrielle et agricole. La vulnérabilité des eaux souterraines a été évaluée par la DREAL Nord-Pas de Calais, la Région, l'ADEME et le BRGM, pour les premiers aquifères rencontrés<sup>14</sup>. Deux critères sont pris en compte :

- L'indice de développement et de persistance des réseaux (IDPR) : moyen de quantifier le comportement hydrologique du milieu (ruissellement ou infiltration)
- L'épaisseur de la zone non saturée (ZNS) : évaluée à partir des niveaux moyens des eaux souterraines et de la topographie (dédue du Modèle Numérique de Terrain).

La carte de vulnérabilité, présentée ci-dessous, constitue un indicateur d'un état général des premières eaux souterraines rencontrées. Des analyses complémentaires au niveau local seront à réaliser pour un projet identifié.



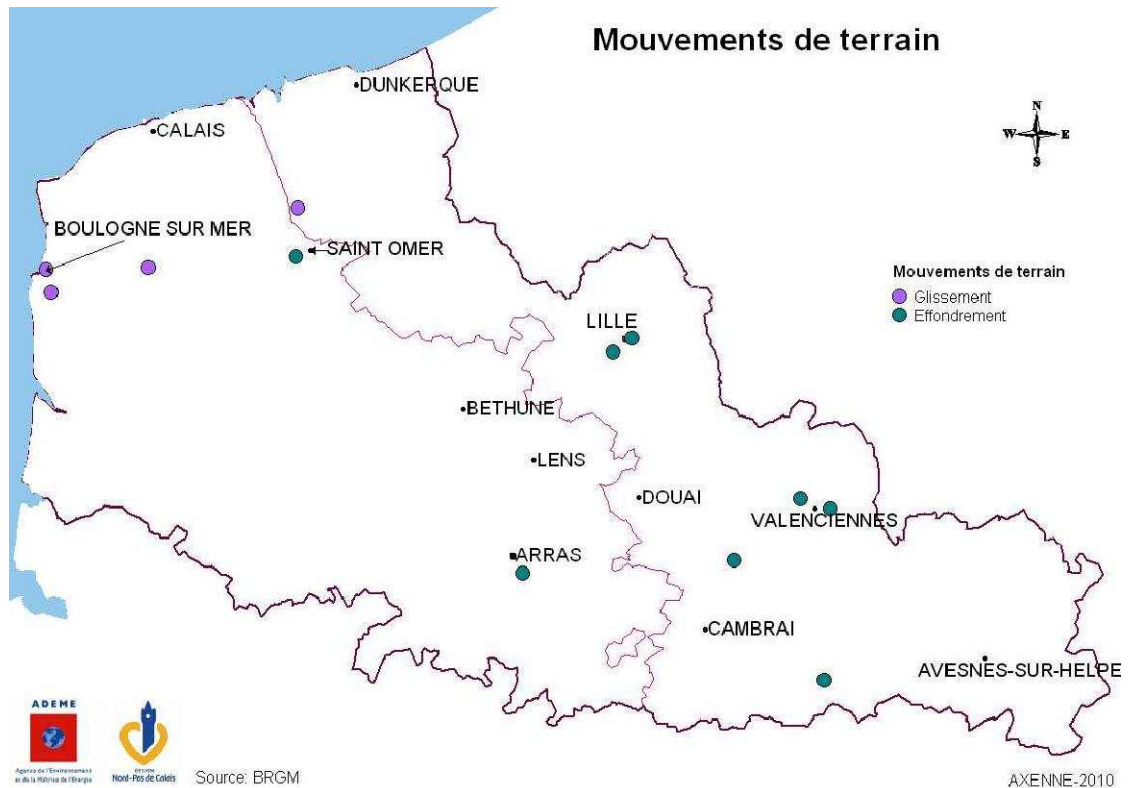
**Carte 13. Zones de vulnérabilité des eaux souterraines (DREAL)**

Les zones de vulnérabilité forte et très forte ont été retenues comme contrainte majeure vis-à-vis d'une installation géothermique sur nappe.

<sup>14</sup> La vulnérabilité des nappes profondes (> 100m) ou captives n'est pas évaluée par l'étude.

### 9.4.3. Mouvements de terrain

Les mouvements de terrain sont recensés par le BRGM. Les glissements correspondent au déplacement de terrains meubles ou rocheux le long d'une surface de rupture. Les effondrements sont créés par la rupture de toit d'une cavité souterraine (dissolution, mine, etc.).



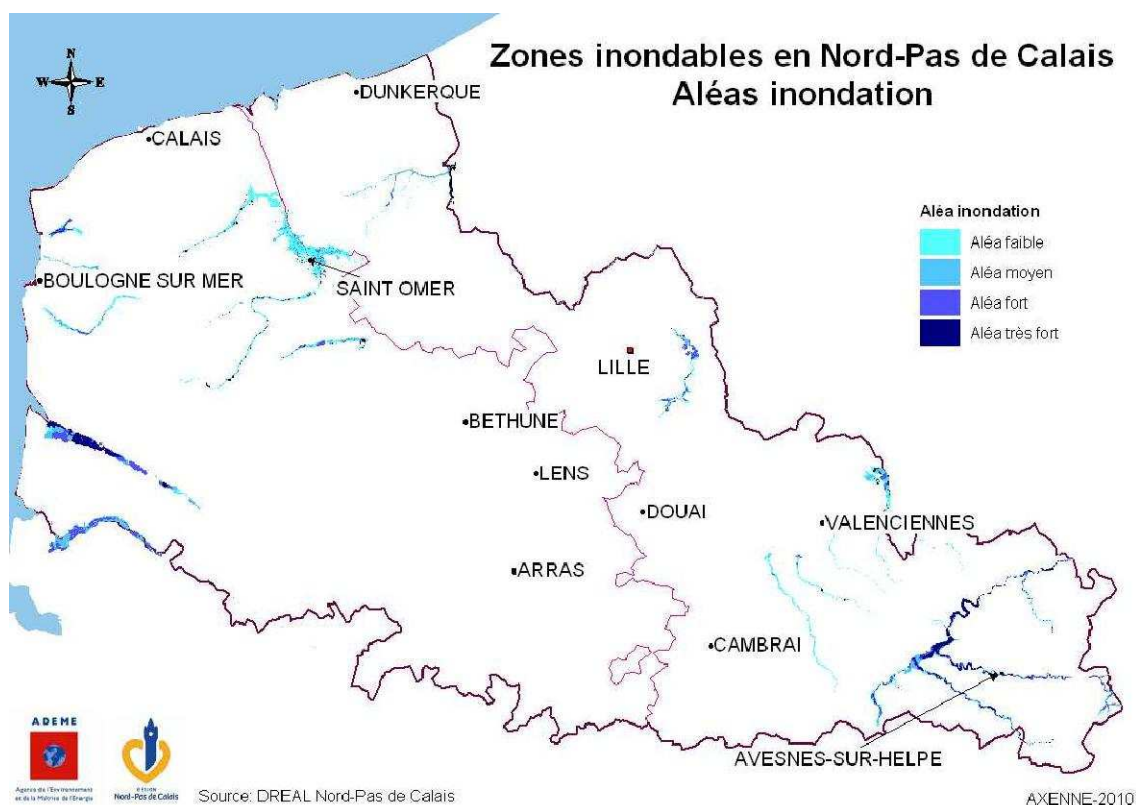
**Carte 14. Mouvements de terrain en Nord-Pas-de-Calais**

Nous n'avons pas tenu compte de cette contrainte dans l'analyse cartographique, celle-ci étant trop localisée et ne représentant pas une zone étendue.

### 9.4.4. Zones inondables

Les crues peuvent avoir un impact sur le forage géothermique par l'introduction de particules fines voire de sables et graviers, comblant plus ou moins l'ouvrage. Il faut alors prévoir des dispositifs tels que tête de forage étanche ou rehausse de la tête de forage.

La carte ci-dessous met en évidence les zones inondables et soumises à des aléas d'inondation plus ou moins forts.



**Carte 15. Atlas des zones inondables en Nord-Pas-de-Calais (DREAL)**

Les aléas fort et très fort ont été retenus comme contrainte majeure vis-à-vis d'une installation géothermique sur nappe.

## 9.5. LE POTENTIEL NET

### 9.5.1.1. 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'une installation géothermique demanderait un investissement trop important (installation de radiateurs ou d'un plancher chauffant ainsi que de toute la tuyauterie). L'idéal pour l'installation d'une installation géothermique est de se trouver en présence d'un plancher chauffant existant à basse température qui peut être alimenté par une pompe à chaleur air-eau par exemple ou une chaudière fuel ou gaz propane.

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 ».

Sur les immeubles, seules les constructions neuves font l'objet d'une analyse puisqu'il est très difficile d'installer une pompe à chaleur géothermique sur nappe sur un immeuble existant.



### Gisement net pour des capteurs verticaux sur les maisons existantes (recensement Insee) :

Le nombre total de maisons « cible » est pondéré par la capacité d'investissement des propriétaires (31%) et d'un coefficient que nous avons fixé à 70% pour refléter les difficultés qu'il peut y avoir à installer des capteurs verticaux sur des maisons existantes (accessibilité de la foreuse, etc.).

| GEOthermie VERTICALE DANS L'HABITAT EXISTANT                                                                            |                                                |  |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> <math>\times 31\% \times 70\%</math> </div> | Nombre total de maisons (cible totale)         | 154 550                                                                            | 20 966                                                                              |
|                                                                                                                         | Energie de chauffage                           | Fioul                                                                              | Gaz bouteille                                                                       |
|                                                                                                                         | Gisement net géoth. vert. (nb d'installations) | 33 537                                                                             | 4 550                                                                               |
|                                                                                                                         | Gisement net annuel (nb d'installations)       | 1 677                                                                              | 227                                                                                 |

**Tableau 46 : Gisement net pour les installations géothermiques (capteurs verticaux) dans les maisons existantes**

Le gisement net annuel tient compte du renouvellement des équipements (tous les 20 ans pour une chaudière fioul ou gaz). Il est avantageux à tout point de vue de migrer sur une installation géothermique lors du changement de la chaudière traditionnelle.

### Gisement net des capteurs horizontaux dans les maisons neuves (statistique de la construction) :

Sur les maisons neuves, nous appliquons le coefficient déterminé lors de l'analyse cartographique qui précise le pourcentage de maisons situées sur une zone favorable pour l'installation de capteurs horizontaux. La capacité d'investissement des propriétaires (31%) est également prise en compte.

| GEOthermie HORIZONTALE DANS L'HABITAT NEUF                                                                              |                                                 |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> <math>\times 31\% \times 69\%</math> </div> | Nombre de maisons/an (cible totale)             | 8 000/an                                                                              |
|                                                                                                                         | Gisement net géoth. Horiz. (nb d'installations) | 1 704/an                                                                              |

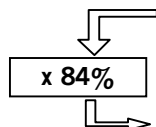
**Tableau 47 : Gisement net pour les installations géothermiques (capteurs horizontaux) sur des maisons neuves**

#### ***Rappel des données 2009:***

Dans l'année 2009, un peu moins de 2 000 pompes à chaleur ont été installées dans les maisons.

**Gisement net des installations géothermiques sur les immeubles neufs (statistique de la construction) :**

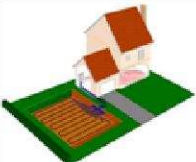
Pour les immeubles neufs, les contraintes sur les aléas de zone inondable, la vulnérabilité des eaux souterraines ainsi que les cavités souterraines ont été cartographiées et ont permis de ne retenir que 84% des immeubles comme n'étant pas situé sur au moins deux de ces contraintes.

|  | GEOthermie sur nappe dans les Immeubles Neufs |        |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------|
|                                                                                   | Nombre d'immeubles/an<br>(cible totale)       | 485/an |
|                                                                                   | Gisement net<br>(nb d'installations)          | 410/an |

**Tableau 48 : Gisement net pour les installations géothermiques sur nappe sur des immeubles neufs**



## 9.6. SYNTHÈSE DES GISEMENTS NETS POUR LES INSTALLATIONS GEOTHERMIQUES

| INSTALLATIONS<br>GEOTHERMIQUES<br>GISEMENTS NETS HORS<br>CONTRAINTES (patrimoniales<br>et techniques) |  |  |  |  | TOTAL                    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
|                                                                                                       |                                                                                   |                                                                                    |                                                                                     |                                                                                     |                          |
| dans l'existant                                                                                       | nombre :<br>MWh/an* :                                                             |                                                                                    | 38 087<br>365 634                                                                   |                                                                                     | 38 087<br>365 634 MWh/an |
| sur le neuf par an                                                                                    | nombre :<br>MWh/an* :                                                             | 1 704<br>16 358                                                                    |                                                                                     | 410<br>21 484                                                                       | 2 114<br>37 843 MWh/an   |
| * Il s'agit de la quantité de chaleur renouvelable et non de la quantité de chaleur produite au total |                                                                                   |                                                                                    |                                                                                     | Sources : AXENNE                                                                    |                          |

Le même tableau sans tenir compte de la capacité financière des maîtres d'ouvrages :

| INSTALLATIONS<br>GEOTHERMIQUES<br>GISEMENTS NETS HORS<br>CONTRAINTES (patrimoniales<br>et techniques) |  |  |  |  | TOTAL                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
|                                                                                                       |                                                                                    |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                      |                             |
| dans l'existant                                                                                       | nombre :<br>MWh/an* :                                                              |                                                                                     | 122 861<br>1 179 465                                                                 |                                                                                      | 122 861<br>1 179 465 MWh/an |
| sur le neuf par an                                                                                    | nombre :<br>MWh/an* :                                                              | 5 497<br>52 769                                                                     |                                                                                      | 410<br>21 484                                                                        | 5 907<br>74 253 MWh/an      |
| * Il s'agit de la quantité de chaleur renouvelable et non de la quantité de chaleur produite au total |                                                                                    |                                                                                     |                                                                                      | Sources : AXENNE                                                                     |                             |

## 9.7. LES POTENTIELS PLAUSIBLES DES FILIERES GEOTHERMIQUES

La géothermie a connu une très forte progression des ventes d'équipement entre 2003 et 2006 (entre +15% et +40%). Depuis 2007 le taux de croissance annuel des ventes s'est stabilisé autour de 3%.



Cette filière peut se développer fortement sur des maisons individuelles actuellement chauffées au fuel ou au gaz propane. Sur les maisons neuves, les besoins de chauffage ne justifient plus un tel équipement, sur un immeuble neuf par contre si l'installation est couplée à une ventilation double flux il est possible d'installer une petite pompe à chaleur qui sera en mesure de fournir les besoins à l'ensemble de l'immeuble.

### BILAN GEOTHERMIE :

|                               | nb total fin 2009 | P totale 2009 (kW) | nb/an sur l'existant jusqu'en 2020 | % du gisement sur l'existant en 2020 | nb sur le neuf 2009 seulement | % du gisement en 2020 | nb total sur le neuf à fin 2020 |
|-------------------------------|-------------------|--------------------|------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|-----------------------|---------------------------------|
| Maison géothermie verticale   | 868               | 10 416             | 473                                | 5%                                   |                               |                       |                                 |
| Maison géothermie horizontale | 7 812             | 93 744             |                                    |                                      | 1543                          | 10%                   | 6 277                           |
| Habitat collectif - sur nappe | 181               | 11 065             |                                    |                                      | 8                             | 12%                   | 611                             |

#### Les installations géothermiques (capteurs horizontaux) sur les maisons neuves :

Sur le parc neuf : environ 25% des maisons identifiées dans les gisements nets (soit 17% de toutes les maisons construites chaque année) sont actuellement équipées d'une installation de capteurs verticaux couplés à une pompe à chaleur géothermique. La baisse du nombre de ces installations est concomitante avec la baisse des besoins de chauffage dans les maisons neuves, soit 10% en 2014 puis 0% à partir de 2015. Cela porterait le total à 5 763 installations en 2020.

#### Les installations géothermiques (capteurs verticaux) sur les maisons existantes :

Sur le parc existant : environ 0,6% des maisons identifiées dans les gisements nets sont actuellement équipées d'une installation de capteurs verticaux couplés à une pompe à chaleur géothermique. Le ratio est fixé à 1% des gisements nets en 2015 et 1,5% des gisements nets en 2020. Cela porterait le total à 1800 installations en 2020, soit une progression annuelle de 8%. Nous suivons ici la tendance qui se situe plutôt autour de 3% par an.

#### Les installations géothermiques sur les immeubles neufs :

Sur le parc neuf : environ 14 installations ont été réalisées sur des immeubles neufs en 2009 (soit 4% des gisements nets identifiés). Les installations devraient progresser avec la nouvelle réglementation thermique, aussi, l'objectif est d'atteindre 10% des gisements nets dès 2012 pour atteindre 20% en 2020.

| <b>Géothermie neuf :</b>      |                   |       | 2009              | 2015              | 2020              |
|-------------------------------|-------------------|-------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Nature                        | Cible_par_an_neuf | kW/nb | Ratio_equipe_2009 | Ratio_equipe_2015 | Ratio_equipe_2020 |
| Maison géothermie horizontale | 5 497             | 12    | 25%               | 0%                | 0%                |
| Habitat collectif - sur nappe | 410               | 61    | 4%                | 14%               | 20%               |
|                               |                   |       |                   |                   |                   |
| Nature                        |                   |       | Nb instal. 2009   | Nb instal. 2015   | Nb instal. 2020   |
| Maison géothermie horizontale |                   |       | 1371              | 0                 | 0                 |
| Habitat collectif - sur nappe |                   |       | 14                | 56                | 82                |

| <b>Géothermie existant :</b> |                         |       | 2009                 | 2015                 | 2020                 | Taux annuel |
|------------------------------|-------------------------|-------|----------------------|----------------------|----------------------|-------------|
| Nature                       | Gisement_total_existant | kW/nb | Ratio_equip_tot_2009 | Ratio_equip_tot_2015 | Ratio_equip_tot_2020 |             |
| Maison géothermie verticale  | 122 861                 | 12    | 0,6%                 | 1%                   | 1,5%                 | 8%          |
|                              |                         |       |                      |                      |                      |             |
| Nature                       |                         |       | Nb instal tot 2009   | Nb instal. tot. 2015 | Nb instal. tot. 2020 |             |
| Maison géothermie verticale  |                         |       | 781                  | 1 232                | 1800                 |             |

## 10. L'EOLIEN

### 10.1. LE GISEMENT EOLIEN

Le Schéma Régional Éolien Nord-Pas-de-Calais, réalisé en 2003, présente le gisement éolien des départements de la région.

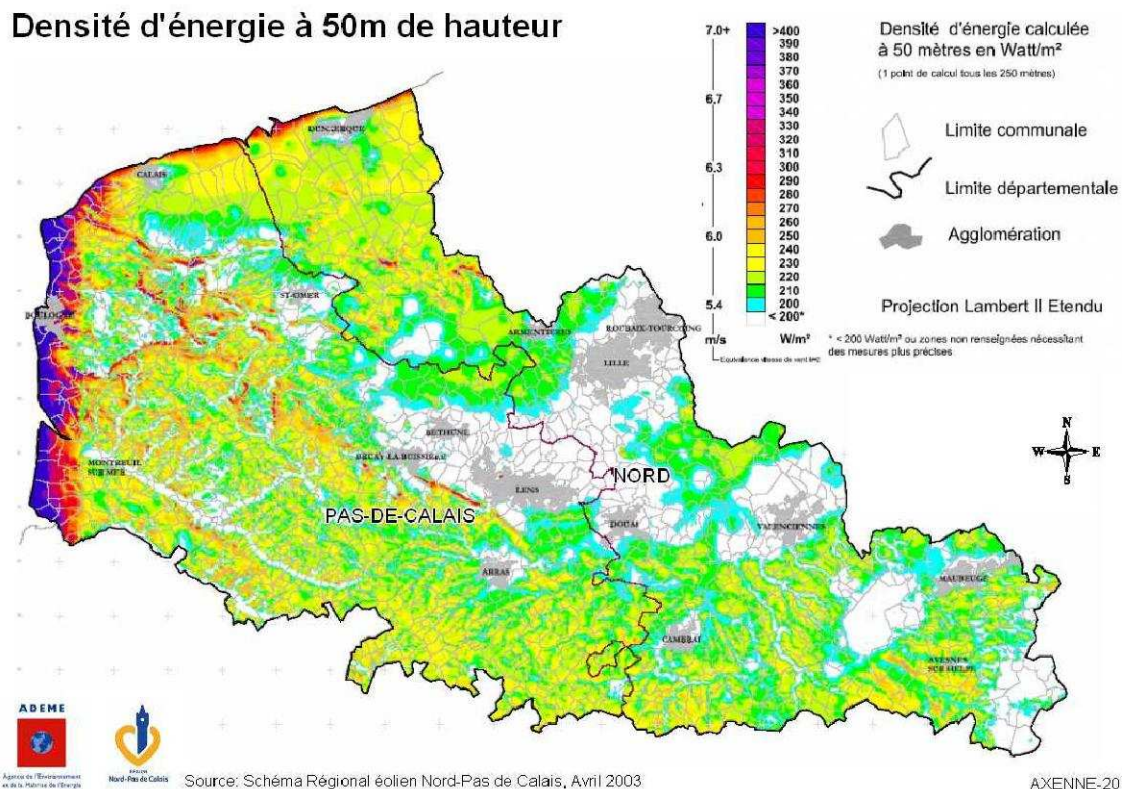
La cartographie du potentiel éolien est obtenue à partir d'un modèle numérique (WasP version 7.2, Wind Analysis and Site Program), utilisant comme données de base des cartes numériques de relief et de rugosité ainsi que des données de vent.

Les cartes de relief et de rugosité sont obtenues à partir de données cartographiques fournies par l'IGN, et les données de vent à partir des mesures des stations de Météo-France.

Trois types de rugosité ont été retenus:

- Rugosité forte : agglomérations
- Rugosité moyenne : bois et forêts
- Rugosité faible : campagnes

La carte ci-après présente le gisement éolien du Nord-Pas-de-Calais à 50m de hauteur.



**Carte 16. Gisement éolien de la région Nord-Pas-de-Calais à 50m de hauteur [ $\text{W/m}^2$ ]**

La plage de variation de la densité d'énergie à 50 m de hauteur sur la région est importante : certaines zones présentent des densités inférieures à  $200\text{W/m}^2$ , le bord de mer présente des densités supérieures à  $400\text{W/m}^2$ .

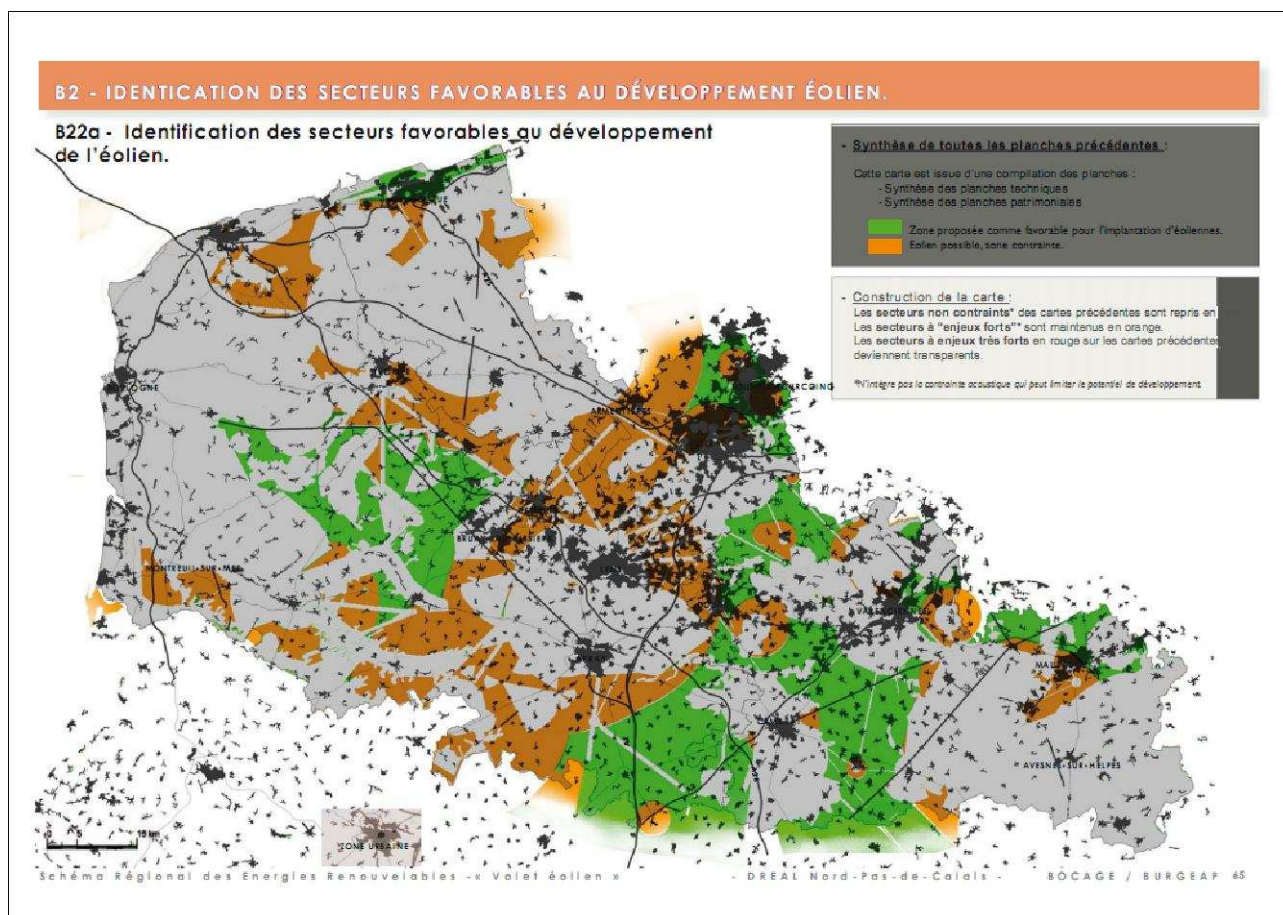


Si l'on considère qu'une densité supérieure à 200W/m<sup>2</sup> est favorable au développement de l'énergie éolienne, 77% du territoire pourrait accueillir ce type d'installations.

! La carte ci-dessus présente un caractère informatif plus que discriminant : elle a été réalisée à l'échelle régionale et présente une faible précision. Ainsi, des zones indiquées comme ayant un faible potentiel à l'échelle régionale peuvent se révéler intéressantes localement, après une campagne de mesures sur site réalisée avec un mât de mesure.

## 10.2. LE POTENTIEL PLAUSIBLE POUR DES PARCS EOLIENS

Le volet éolien du schéma régional des énergies renouvelables a été mis à jour en juin 2010. Il précise les zones favorables pour l'implantation d'aérogénérateur, en tenant compte de l'ensemble des contraintes qui s'imposent à ces projets.



**Carte 17. Secteurs favorables au développement éolien (DREAL Nord-Pas-De-Calais / Bocage / Burgeap- juin 2010)**

« Si on considère que la région Nord-pas de Calais compte au 1er Janvier 2010 641 MW de puissance autorisée, l'objectif potentiel pour 2020 se situe entre 1026 et 1361 MW. »

Dans le cadre de notre analyse, nous avons retenu une puissance plausible de 1 200 MW pour 2020 en onshore et à l'horizon 2050 un potentiel en offshore de 600 MW.



# 11. L'HYDROELECTRICITE

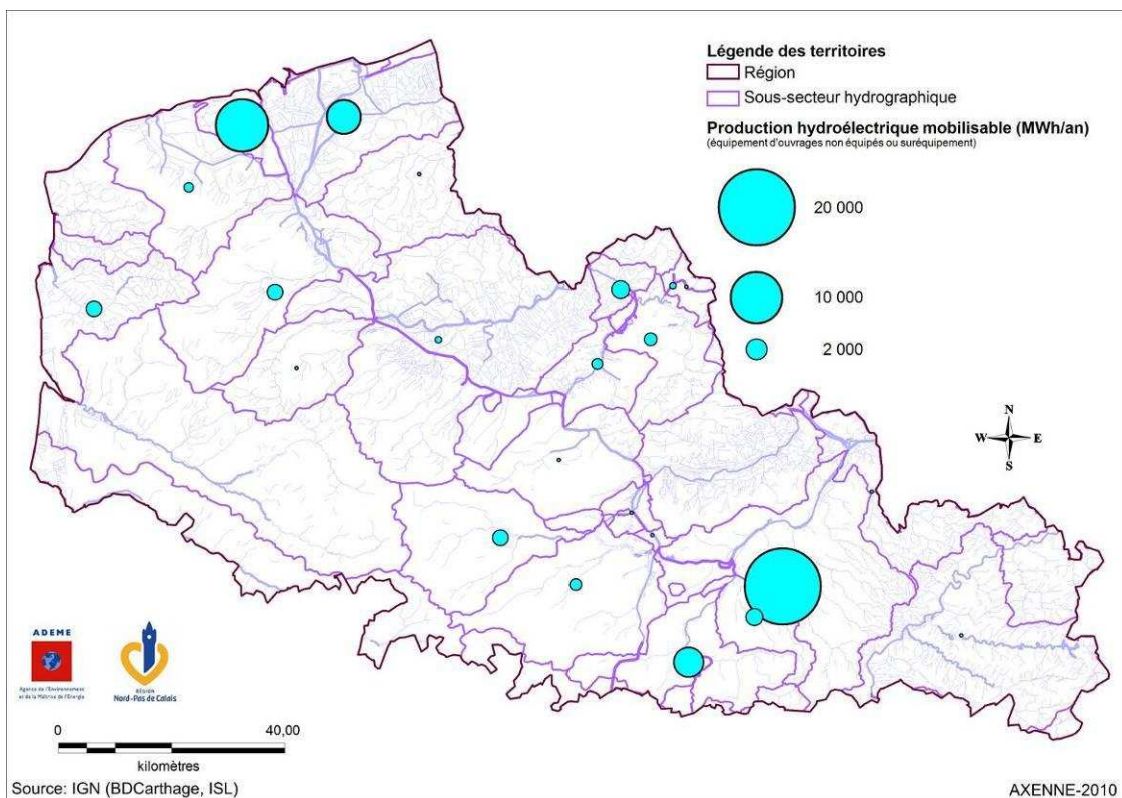
## 11.1. LES GISEMENTS NETS

Une étude réalisée par ISL pour le compte de l'Agence de l'eau Artois Picardie définit le potentiel hydroélectrique des districts Escaut et Sambre.

L'approche menée est en tout point similaire à ce que nous avons réalisé pour les autres filières, à savoir :

1. Etude du potentiel mobilisable (en équipement et suréquipement),
2. Etude des contraintes environnementales et réglementaires,
3. Définition d'un potentiel mobilisable normalement (hors contrainte),

Ce potentiel est donc présenté sur la carte ci-dessous, cela représente au total en gisement net de 48 360 MWh/an pour 105 installations.



**Carte 18. Gisement net pour des installations de production hydroélectrique (ISL - Evaluation du potentiel hydroélectrique des districts Escaut et Sambre - 2008)**

## 11.2. LES GISEMENTS PLAUSIBLES EN HYDROELECTRICITE

Nous avons pris comme hypothèse que 50% des projets mobilisables sans aucune contrainte pouvaient être réalisés d'ici 2020. Cet objectif est ambitieux puisqu'il n'y a pas actuellement de projets ou de dynamique sur cette filière.

## 12. LES FILIERES INNOVANTES

### 12.1. LA RECUPERATION DE LA THERMIE DES EAUX USEES

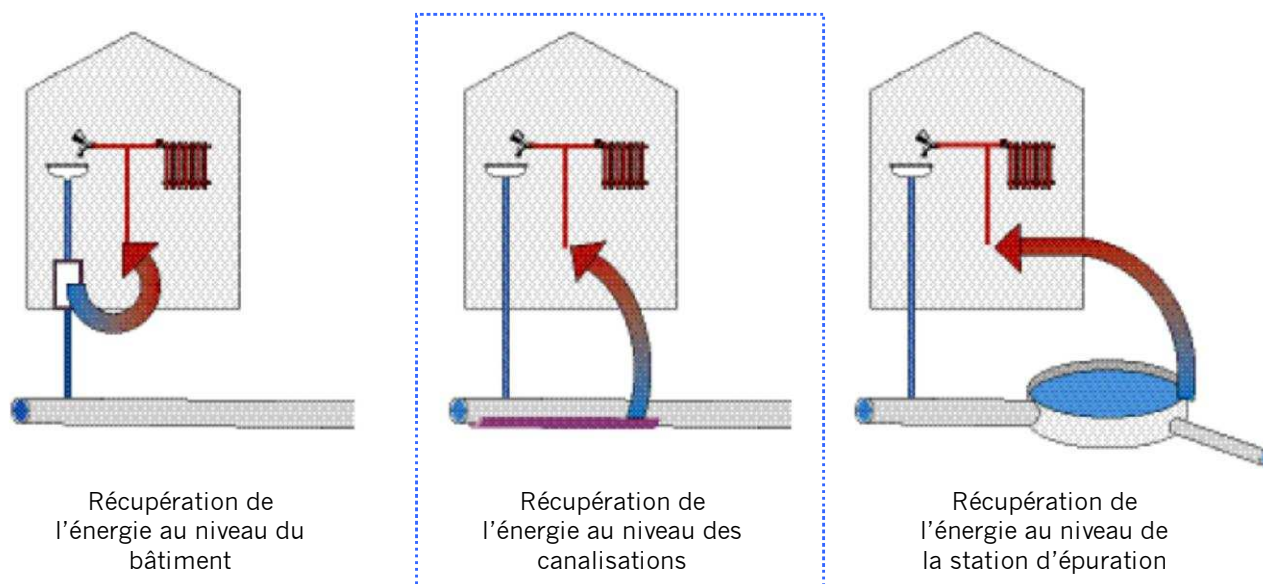
#### 12.1.1. La technologie

##### 12.1.1.1. La récupération de l'énergie des eaux usées au niveau des collecteurs

#### PRESENTATION DU SYSTEME

La température des eaux usées oscille entre 10 °C et 20 °C toute l'année. En hiver, les eaux usées sont plus chaudes que l'air extérieur, constituant ainsi une source de chaleur. Le cas inverse se produit en été ; les bâtiments peuvent être rafraîchis grâce aux eaux usées.

La récupération de chaleur (ou de froid) se fait de manière simple et maîtrisée : un fluide caloporteur capte l'énergie des eaux usées par l'intermédiaire d'un échangeur de chaleur, et conduit les calories vers une pompe à chaleur qui va élever (ou abaisser) la température de l'eau chauffant (ou refroidissant) les bâtiments. L'énergie peut être récupérée à différents niveaux : au niveau du bâtiment, au niveau de la station d'épuration, ou au niveau des collecteurs d'eaux usées.

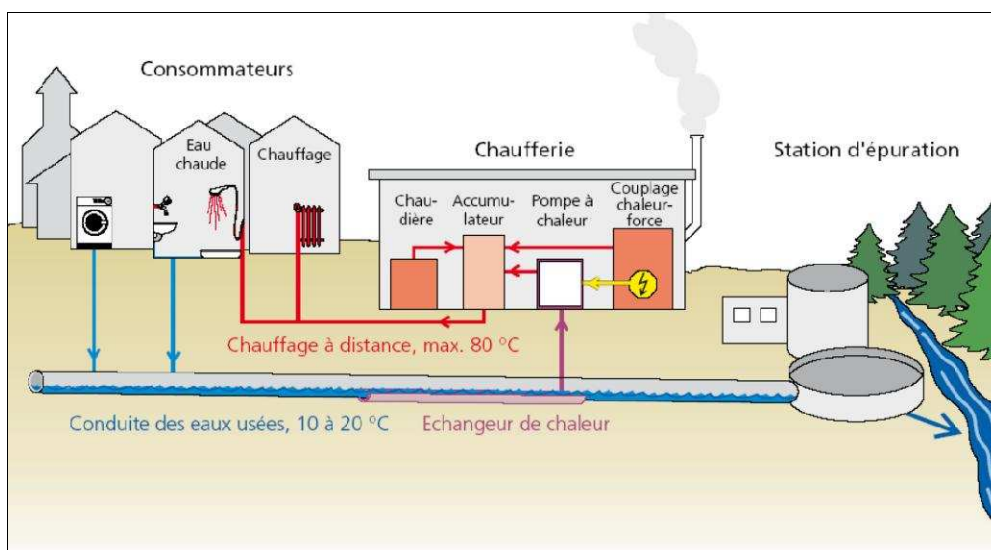


**Figure 14. Récupération de l'énergie des eaux usées (Source: Gestion et services publics, Suisse)**

Le chauffage collectif des bâtiments peut se faire de manière centralisée ou décentralisée.

Dans le premier cas, la chaleur est produite au sein d'une unique chaufferie puis l'eau est acheminée à haute température vers les lieux de consommation via des canalisations isolées. Ce système est idéal lorsque les consommateurs sont proches les uns des autres. La figure à la page suivante présente ce type d'installation.

Dans le cas d'un système décentralisé, l'eau est acheminée à basse température (entre 7 et 17 °C) vers les chaufferies présentes dans chaque bâtiment. Cette solution présente l'avantage d'utiliser des canalisations non isolées et donc meilleur marché, ainsi que de réduire les pertes de chaleur. Elle est adaptée dans le cas de consommateurs éloignés de la source de captage de l'énergie. En revanche, les coûts d'installation et de maintenance de plusieurs chaufferies seront plus importants.



**Figure 15. Principe de fonctionnement de la récupération de chaleur des eaux usées sur les canalisations (Source : Susanne Staubli)**



Dans le cas d'un réseau d'assainissement neuf ou lors d'une rénovation de tronçons, les échangeurs de chaleur peuvent être intégrés à la canalisation. Dans le cas inverse, les systèmes sont réalisés au cas par cas et déposés au fond des canalisations. Cependant, la mise en place de ce système, qui est aisée pour des constructions nouvelles, sera difficile et chère pour des canalisations anciennes et de petits diamètres

**Figure 16. Canalisation préfabriquée avec échangeur de chaleur intégré (Source : Guide pour les maîtres d'ouvrages et les communes, OFEN)**



**Figure 17. Échangeur installé dans un ovoïde existant (Procédé Rabtherm), échangeur pour collecteur existant (Procédé Uhrig)**

Source: Lyonnaise des Eaux

## PERFORMANCE DU SYSTEME ET ECONOMIES D'ENERGIE

La performance du système est conditionnée par le système de chauffage des bâtiments alimentés (haute ou basse température), le débit des eaux, leur température et la configuration du réseau des eaux usées.

Le système de chauffage influence la performance de la pompe à chaleur, le COP. Celui-ci dépend de la différence entre la température de condensation et la température d'évaporation du fluide frigorigène. Les meilleurs COP sont obtenus avec de faibles différences de température. Un réseau d'eau chaude basse température est donc préférable pour obtenir une bonne performance du système.

Le développement de biofilm<sup>15</sup> influence le rendement de l'échangeur à chaleur. Cette fine pellicule organique se développe à la surface de l'échangeur, et peut réduire les transferts thermiques de 20 à 50 %. Cette perte de rendement peut être limitée à 20 % par l'augmentation de la vitesse d'écoulement des effluents.

Selon le bureau d'études BPR-Europe, la performance varie de 2 à 5 kW de puissance de chauffage/m<sup>2</sup> d'échangeur à chaleur, soit 1,8 à 8,4 kW par mètre linéaire d'échangeur. La longueur de l'échangeur est généralement comprise entre 40 et 80 m.

La Lyonnaise des Eaux<sup>16</sup> propose des ordres de grandeur<sup>17</sup> de couverture des besoins par la pompe à chaleur :

- Piscine : couverture de 95 % des besoins en maintien de chaud des bassins
- 100 logements : 85 % des besoins en chauffage (basse température) et ECS
- Mairie : 77 % des besoins en chauffage (basse température)
- 350 logements : 50 % des besoins en chauffage.
- 100 m<sup>2</sup> d'échangeurs peuvent fournir le chauffage de base de 200 logements, à un débit de 15 L/s.

## CONTRAINTES ET RECOMMANDATIONS

La mise en œuvre de la récupération de chaleur sur eaux usées nécessite que certaines contraintes soient respectées par le réseau d'eau usée et le/les bâtiments à alimenter.

---

<sup>15</sup> Communauté de micro-organismes (bactéries, champignons, etc.) adhérant entre eux et à une surface, marquée par la sécrétion d'une matrice adhésive et protectrice. Ils sont, sauf exceptions, observés dans les milieux aqueux ou exposés à l'humidité. Ils peuvent se développer sur n'importe quel type de surface naturelle ou artificielle, qu'elle soit minérale, organique, industrielle (Ex : canalisations) ou médicale.

<sup>16</sup> La Lyonnaise des Eaux commercialise le procédé de récupération de chaleur sur eaux usées au niveau des canalisations/égouts sous le nom de 'Degré bleu'.

<sup>17</sup> Ces ratios correspondent à des projets étudiés, et seront bien évidemment différents en fonction des spécificités du nouveau projet (température de fonctionnement des circuits de chauffage et d'ECS, puissance récupérable sur les eaux usées, etc).



■ **Contraintes et recommandations sur les bâtiments à chauffer/rafraichir :**

| Paramètre                              | Contrainte / Recommandation                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <u>Type de bâtiment</u>                | La demande de chauffage ou d'ECS doit être régulière pour assurer un temps d'exploitation élevé des pompes à chaleur, et améliorer leur rentabilité.<br><br>Bâtiments les plus adaptés : piscines, résidence de logements, bureaux, hôpitaux, maisons de retraite, hôtels.<br><br>Les salles de sports, salles de spectacles et centres commerciaux sont à éviter. |
| <u>Distance collecteur / bâtiments</u> | Préférable : inférieure à 350 m<br>Cas favorable : distance inférieure à 200 m                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <u>Température de fonctionnement</u>   | Une température d'exploitation basse permet une meilleure efficacité des pompes à chaleur utilisées par la récupération de chaleur sur eaux usées. Les systèmes de chauffage basse température sont préconisés dans le cas de constructions neuves ( $T < 65^{\circ}\text{C}$ )                                                                                    |
| <u>Puissance thermique</u>             | Minimum 150 kW<br>(Puissance nécessaire pour l'alimentation d'une cinquantaine de logements collectifs)                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <u>Volume de consommation</u>          | Une consommation supérieure à 1 200 MWh/an est très favorable à la mise en place de l'installation de récupération de chaleur.<br>Une consommation inférieure à 800 MWh/an est plutôt défavorable.                                                                                                                                                                 |
| <u>Climatisation</u>                   | Utiliser des pompes à chaleur réversibles pour climatiser le bâtiment en été permet d'augmenter la rentabilité de l'installation.                                                                                                                                                                                                                                  |

**Tableau 49. Contraintes et recommandations sur les bâtiments alimentés par la chaleur des eaux usées**

Sources : OFEN<sup>18</sup>, Lyonnaise des Eaux

■ **Contraintes et recommandations sur le réseau de collecte des eaux**

| Paramètre                         | Contrainte / Recommandation                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <u>Débit des eaux usées</u>       | Débit minimum 15 L/s (moyenne quotidienne par temps sec). Ce débit est atteint pour 8 000 à 10 000 personnes raccordées au réseau.<br>Débit favorable : entre 15 et 30 L/s<br>Débit très favorable : supérieur à 50 L/s                                                                                  |
| <u>Diamètre du collecteur</u>     | Collecteur existant : diamètre minimum de 800 mm pour que l'échangeur de chaleur puisse être installé.<br>Renouvellement ou extension de réseau : un diamètre de 400 mm est suffisant (l'échangeur est intégré directement à la canalisation).<br>Installation impossible : diamètre inférieur à 400 mm. |
| <u>Température des eaux usées</u> | La température des eaux en entrée de la station d'épuration doit de préférence être supérieure à 12 °C (1)<br>L'abaissement de la température des eaux usées peut avoir des effets                                                                                                                       |

<sup>18</sup> Office Fédéral de l'Énergie Suisse. Il propose un programme en faveur de l'efficacité énergétique et des énergies renouvelables, SuisseEnergie. Dans ce cadre, un 'Guide pour les Maîtres d'Ouvrage et les communes' sur l'utilisation des eaux usées comme source de chauffage ou de rafraichissement est mis à disposition.



|                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                          | <p>négatifs sur la nitrification et l'élimination de l'azote dans les STEP à boues activées.</p> <p>Cet aspect doit être étudié lors de l'étude de faisabilité.</p> <p>La température minimale des eaux en région parisienne est de 13 °C, un abaissement de 1 °C est donc possible. En outre, les eaux seront réchauffées avant leur arrivée en STEP par l'ajout d'eaux usées des bâtiments en aval de l'installation.</p> |
| <u>Age des conduites</u> | L'installation d'un échangeur de chaleur est plus avantageuse dans le cas où la canalisation doit être rénovée ou remplacée.                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

**Tableau 50. Contraintes et recommandations sur les canalisations d'eaux usées**

Sources : OFEN, VSA (Association Suisse des professionnels de la protection des eaux), Lyonnaise des Eaux

- (1) Rabtherm, société ayant développé le procédé de récupération de chaleur sur eaux usées, a étudié l'impact de ce procédé sur la température des eaux usées. Pour un débit de 60 L/s et une puissance de chauffage de 500 kW, la température est diminuée de 1 °C pour un gain de 4 °C du fluide caloporteur. À l'inverse, en mode froid, les eaux usées sont réchauffées de 4 °C (de 24 à 28 °C) alors que le fluide caloporteur perd 6 °C.

### INSTALLATIONS EXISTANTES

De nombreuses installations de récupération de chaleur sur eaux usées fonctionnent en Suisse et en Allemagne, certaines depuis une vingtaine d'années. Deux exemples sont présentés ci-dessous.

| <i>Chauffage collectif à Binningen (Suisse)</i> |                                                                                                                                                                                                                     |
|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nombre de bâtiments chauffés                    | 70                                                                                                                                                                                                                  |
| Types de bâtiments                              | Équipements publics (administration, école) et maisons d'habitation                                                                                                                                                 |
| Puissance de chauffage nécessaire               | 4 800 kW                                                                                                                                                                                                            |
| Caractéristiques techniques                     | <p>~30 000 personnes raccordées au collecteur</p> <p>Longueur de l'échangeur : 140 m</p> <p>Longueur du réseau : 3,5 km</p> <p>Puissance de la pompe à chaleur : 380 kW (fonctionnement : 6 500 h dans l'année)</p> |
| Bilan énergétique                               | <p>Production d'énergie : 2 400 MWh/an</p> <p>Part d'énergie fournie par les eaux usées : 14 %</p>                                                                                                                  |
| Émissions évitées                               | 700 t de CO <sub>2</sub>                                                                                                                                                                                            |
| Exploitant                                      | Wärmeversorgung Binningen SA (actions détenues à 75 % par la commune)                                                                                                                                               |

**Chauffage collectif du quartier de Wässerwiesen, Winterthur (Suisse)**

|                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                     |
|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Nombre de logements collectifs chauffés | 400                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |  |
| Puissance de chauffage nécessaire       | 1 150 kW                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                     |
| Caractéristiques techniques             | Longueur du réseau : 200 m<br>Puissance de la pompe à chaleur: 820 kW                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                     |
| Bilan énergétique                       | Part d'énergie fournie par les eaux usées : 70 %                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                     |
| Bilan économique                        | Économies annuelles relatives aux coûts d'exploitation :<br>~12 % par rapport à un chauffage à gaz                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                     |
| Actions de la commune                   | Le plan directeur communal de Winterthur donne la priorité aux énergies renouvelables.<br>La Ville a commandé une étude dans le cadre de sa planification énergétique sur le potentiel d'utilisation des eaux usées. Afin de mettre à profit ce potentiel, la Ville exige une étude de faisabilité pour les nouvelles constructions situées à proximité d'importantes canalisations d'évacuation des eaux usées. Si la récupération de la chaleur de celles-ci semble rentable, cette solution est prescrite dans le permis de construire. |                                                                                     |

En France, la Ville de Levallois est équipée du système Degré Bleu (Lyonnaise des Eaux).

**Chauffage du nouveau centre aquatique, Levallois**

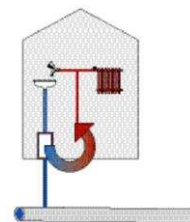
|                                                        |                                                                            |                                                                                       |
|--------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Type de bâtiments alimentés                            | Centre aquatique + cinq logements                                          |  |
| Volume chauffé                                         | 800 m <sup>3</sup> d'eau à 28 °C                                           |                                                                                       |
| Caractéristiques techniques                            | Longueur de l'échangeur : 80 m<br>Puissance de la pompe à chaleur : 150 kW |                                                                                       |
| Objectif de part d'énergie fournie par le système      | 24 %                                                                       |                                                                                       |
| Objectif de réduction des émissions de CO <sub>2</sub> | 66 %                                                                       |                                                                                       |
| Investissement                                         | ~ 500 000 €, temps de retour de 10 ans                                     |                                                                                       |
| Mise en service                                        | 2010                                                                       |                                                                                       |

### 12.1.1.2. La récupération de l'énergie des eaux usées au niveau du bâtiment

#### PRESENTATION DU SYSTEME

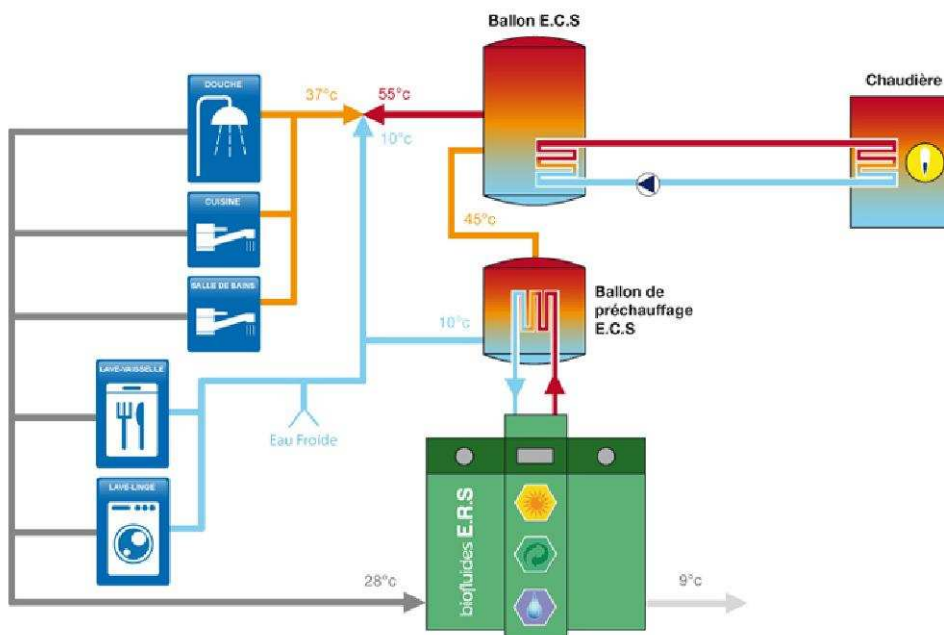
La récupération de chaleur sur eaux usées se fait avant que celles-ci n'atteignent le collecteur : elle se fait au niveau du bâtiment.

Biofluides Environnement, PME française, a développé une technologie de récupération de la chaleur contenue dans les eaux usées au niveau des bâtiments résidentiels et industriels.



Les eaux usées des cuisines, salles de bain, lave-linge et lave-vaisselle sont acheminés à une température moyenne de 28 °C vers l'Energy Recycling System (ERS). L'ERS est composé d'un échangeur inox à forte inertie et d'une pompe à chaleur. Un système de filtration automatique et d'autonettoyage améliore le rendement de l'échangeur à chaleur. Les calories des eaux usées sont transférées à la pompe à chaleur via l'échangeur. Les eaux usées ressortent ainsi à 9 °C. L'écoulement des eaux grises n'est pas interrompu.

En parallèle, l'eau en provenance d'un ballon de préchauffage est chauffée à 45 °C par le circuit condenseur de la pompe à chaleur de l'ERS. Une chaudière augmente ensuite la température de cette eau jusqu'à 55 °C, température nécessaire à l'eau chaude sanitaire.



**Figure 18. Schéma de principe de la récupération de chaleur sur eaux usées au niveau du bâtiment**

Source : Procédé ERS, Biofluide environnement

La gamme de puissance proposée par Biofluides varie de 5 kWth à 72 kWth pour le résidentiel.

## ÉCONOMIES D'ÉNERGIE

Une réduction de 40 à 60 % de la consommation énergétique en eau chaude sanitaire est envisageable. Ce type d'installation peut être couplé à une installation solaire thermique, pouvant alors couvrir jusqu'à 80 % de la demande en ECS.

## CONTRAINTES

Il est nécessaire de séparer les eaux grises des eaux-vannes avant le dispositif de récupération de chaleur. Ceci peut nécessiter la mise en place d'un nouveau collecteur. Dans certains cas, il peut être impossible de séparer les eaux usées.

## INSTALLATIONS EXISTANTES

| <i>Logements sociaux, Courcouronnes (91)</i>           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Type de bâtiments alimentés                            | Ensemble résidentiel de 94 logements : 70 logements collectifs et 24 maisons individuelles<br>Année de construction : 1985<br>Production de chaleur : sous station alimentée par le chauffage urbain de la ville de Courcouronnes.<br>Moyenne des consommations d'énergie des 4 dernières années : 824 MWh pour le chauffage, 413 MWh pour l'ECS. |
| Caractéristiques techniques                            | Les évacuations de 36 logements sont raccordées (impossibilité technique pour les autres logements)<br>Puissance calorifique de la PAC : 24 kW<br>COP moyen de la PAC: 4,6                                                                                                                                                                        |
| Production d'énergie                                   | Économie de 50 % sur la facture d'ECS                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Objectif de réduction des émissions de CO <sub>2</sub> | 38,5 t/an pour 50 logements                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Investissement Clé en main                             | 100 000 € pour 36 logements                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Mise en service                                        | Octobre 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |



| <i>Logements sociaux, Ermont (95)</i> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Type de bâtiment alimenté             | Bâtiment neuf composé de 35 logements collectifs<br>SHON : 2 855 m <sup>2</sup>                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Caractéristiques techniques           | ECS : Installation de récupération de chaleur sur eaux usées alimentant un ballon tampon de 1 500 L<br>Au cas où la production d'ECS par la pompe à chaleur ne serait pas suffisante, une installation vient en appoint, composée de 32 m <sup>2</sup> de capteurs solaires reliés à un ballon de stockage et à un accumulateur gaz de 40 kW. |
| Mise en service                       | À venir                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

Quinze installations sont en cours de réalisation et 170 demandes enregistrées au plan national.

## 12.1.2. Caractéristiques technico-économiques

### 12.1.2.1. La récupération de l'énergie des eaux usées au niveau des collecteurs

#### COÛTS D'INVESTISSEMENT

L'investissement est notamment fonction de la puissance thermique de l'installation, du débit des eaux usées au niveau des bâtiments à alimenter, de la configuration du réseau d'assainissement, de la distance entre la canalisation et la chaufferie, et de la distance entre la chaufferie et les consommateurs.

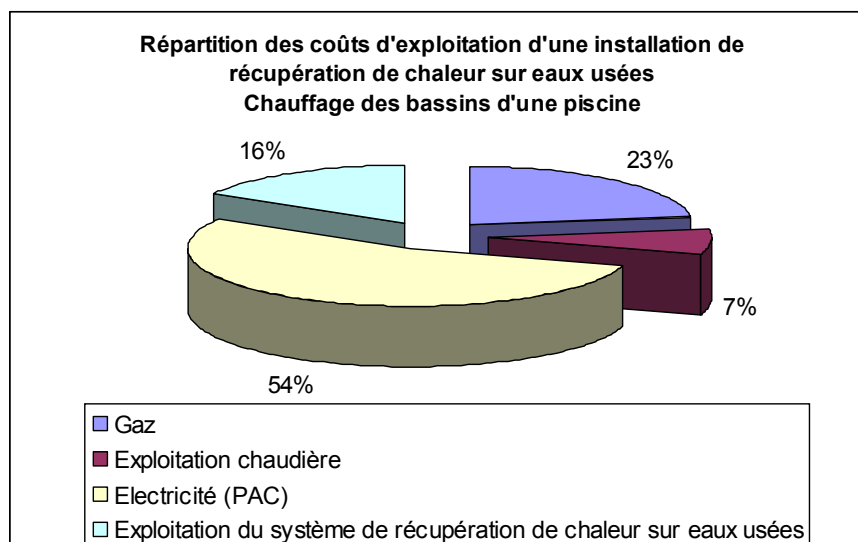
Selon BPR-Europe, l'investissement peut varier de 1 500 à 4 000 €/kW.

Selon la Lyonnaise des Eaux, le coût d'un projet varie entre 400 k€ et 1 000 k€.

#### COÛTS D'EXPLOITATION

Les coûts d'exploitation correspondent à la maintenance des équipements et l'électricité nécessaire au fonctionnement de la pompe à chaleur.

À titre d'exemple, les coûts d'exploitation d'une installation de récupération de chaleur permettant de fournir 90 % des besoins de chauffage de bassins d'une piscine, avec un appoint gaz de 10 %, est la suivante :



**Graphique 9. Répartition des coûts d'exploitation d'une installation de récupération de chaleur sur eaux usées**

Source : Lyonnaise des Eaux

#### RETOUR SUR INVESTISSEMENT

Malgré un prix d'installation plus élevé que pour un chauffage thermique classique, un temps de retour sur investissement de 2 à 10 ans est envisageable, selon la configuration des collecteurs. La durée de vie de la pompe à chaleur est d'environ 15 ans et celle de l'échangeur à chaleur de 30 à 50 ans, d'après Saunier & Associés.



### ***12.1.2.2. La récupération de l'énergie des eaux usées au niveau du bâtiment***

Ce type d'installations n'intervient pas sur les canalisations d'eaux usées et représente des investissements plus faibles que les procédés type Degré Bleu.

Biofluides estime que l'investissement moyen par logement est de 1 800 € hors subventions sur la base de 50 logements.

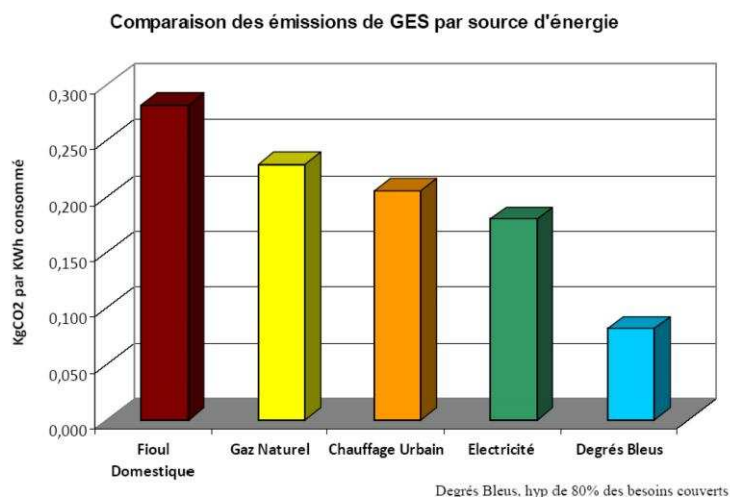
Le retour sur investissement serait de 17 ans sur la base de 10 logements, et serait inférieur à 10 ans pour plus de 50 logements.

### ***12.1.3. Caractéristiques environnementales***

#### ***12.1.3.1. La récupération de l'énergie des eaux usées au niveau des collecteurs***

La diminution des émissions de CO<sub>2</sub> par rapport à un système conventionnel dépend de la nature de ce système, et de la couverture des besoins assurée par la récupération de chaleur sur eaux usées. Une diminution de 50 à 80 % des émissions de gaz à effet de serre peut être atteinte.

Le graphique ci-dessous compare les émissions de CO<sub>2</sub> par kWh de différentes sources d'énergie. 'Degré Bleu' est le système de récupération de chaleur commercialisé par la Lyonnaise des Eaux.



**Graphique 10. Comparaison des émissions de gaz à effet de serre de différentes sources d'énergie (Lyonnaise des Eaux)**

#### ***12.1.3.2. La récupération de l'énergie des eaux usées au niveau du bâtiment***

Une économie 38 tonnes de CO<sub>2</sub> pour l'alimentation de 55 logements est atteignable, en comparaison de l'utilisation d'une chaudière gaz pour chauffer l'ensemble de l'ECS.

### 12.1.4. Réglementation

Le procédé de récupération de chaleur sur eaux usées repose sur un brevet déposé par la société suisse Rabtherm. Le brevet a été racheté par BPR-Europe, qui en possède l'exclusivité avec la Lyonnaise des Eaux. Le procédé est commercialisé en France sous le nom de 'Degrés bleus'.

Il n'existe à ce jour aucune réglementation sur l'appartenance des calories d'un réseau d'assainissement, ni sur la température des eaux avant leur entrée en station d'épuration.

L'accord du gestionnaire des égouts est nécessaire pour la mise en place de la récupération de chaleur sur eaux usées au niveau d'un collecteur.

### 12.1.5. Les potentiels nets pour la récupération de chaleur des eaux usées

#### 12.1.5.1. Sur les immeubles existants

Sur les bâtiments où l'eau chaude sanitaire est chauffée collectivement, il est plus facile de mettre en place un tel système. Il est nécessaire de séparer les eaux grises des eaux-vannes avant le dispositif de récupération de chaleur. Ceci peut nécessiter la mise en place d'un nouveau collecteur. Dans certains cas, il peut être impossible de séparer les eaux usées.

Le gisement net sur les logements existants a donc été étudié sur les bâtiments dont le chauffage est collectif avec une énergie fossile. Seuls 30% des immeubles ont été retenus dans la mesure où il ne sera pas possible techniquement de tous les équiper.

**Gisement net pour la récupération de chaleur des eaux usées dans l'habitat collectif privé existant (recensement Insee) :**

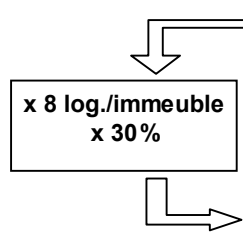
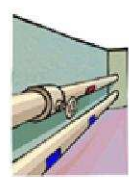
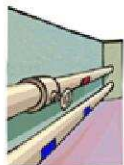
|  | RECUPERATION DE CHALEUR<br>DES EAUX USEES DANS LES<br>LOGEMENTS PRIVES EXISTANTS |  |  |  |
|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                    | Nombre total de logements<br>(cible totale)                                      | 9 001                                                                               | 38 361                                                                                | 8 056                                                                                 |
|                                                                                    | Energie utilisée pour l'eau chaude<br>sanitaire                                  | Collectif Fioul                                                                     | Collectif Gaz nat.                                                                    | Réseau de chaleur                                                                     |
|                                                                                    | Gisement net (nb d'installations)                                                | 328                                                                                 | 1 396                                                                                 | 293                                                                                   |

Tableau 51 : Gisement net pour la récupération de chaleur des eaux usées sur le parc de logements collectifs privés existants

**Gisement net pour la récupération de chaleur des eaux usées dans les logements collectifs publics existants (recensement Insee) :**

| RECUPERATION DE CHALEUR<br>DES EAUX USEES DANS LES<br>LOGEMENTS HLM EXISTANTS                               |                                              |  |  |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;"> x 8 log./immeuble<br/>x 30% </div> | Nombre total de logements<br>(cible totale)  | 6 140                                                                             | 51 013                                                                              | 32 004                                                                              |
|                                                                                                             | Energie de chauffage                         | Collectif Fioul                                                                   | Collectif Gaz nat.                                                                  | Réseau de chaleur                                                                   |
|                                                                                                             | <b>Gisement net<br/>(nb d'installations)</b> | <b>223</b>                                                                        | <b>1 857</b>                                                                        | <b>1 165</b>                                                                        |

**Tableau 52 : Gisement net pour la récupération de chaleur des eaux usées sur le parc de logements collectifs publics existants**

**12.1.5.2. Sur les immeubles neufs**

Les cibles sont tous les immeubles neufs sans distinction puisqu'il est possible de préchauffer l'eau chaude sanitaire quelque soit le mode d'énergie utilisé.

| RECUPERATION DE CHALEUR<br>DES EAUX USEES DANS LES<br>IMMEUBLES NEUFS |  |
|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Nombre total d'immeubles<br>(cible totale)                            | 485/an                                                                               |
| Energie de chauffage                                                  | Fuel, électricité, gaz,<br>etc.                                                      |
| <b>Gisement net<br/>(nb d'installations)</b>                          | <b>388/an</b>                                                                        |

**Tableau 53. Gisement net pour les installations de récupération de chaleur des eaux usées sur le parc de logements neufs**

**12.1.6. Les potentiels plausibles pour la récupération de chaleur des eaux usées**

Il s'agit d'une filière innovante très intéressante sur le plan de la rentabilité des équipements installés. Aussi, nous avons fixé un objectif de réalisation d'environ 1000 installations à l'horizon 2020 sur le parc existant et 200 réalisations chaque année sur le parc neuf.

## 12.2. L'ENERGIE DE LA MER

Il existe essentiellement 5 filières rattachées à l'énergie de la mer :

- l'énergie houlomotrice qui exploite les vagues,
- l'énergie hydrolienne qui exploite les courants,
- l'énergie marémotrice,
- l'énergie thermique des mers,
- l'énergie de la biomasse algale.

Cette dernière filière, qui consiste à utiliser la biomasse algales pour des agrocarburants n'est pas abordée dans ce chapitre. De même, nous n'aborderons pas l'énergie marémotrice puisqu'il existe une seule usine au monde : le barrage de la Rance, qui n'a pas fait école, tant les impacts sur l'environnement ont été importants (envasement, etc.).

Nous présentons ici un état de l'art des différentes technologies, ainsi que leur coût actuel.

### 12.2.1. L'énergie houlomotrice

#### 12.2.1.1. Exploitation du gisement

Deux techniques sont principalement utilisées pour convertir l'énergie des vagues en énergie électrique :

- Transformer de l'énergie des vagues en variation de pression ou d'équilibre hydrostatique

*Il s'agit généralement de systèmes qui permettent de comprimer de l'air à partir du mouvement des vagues. Cet air est ensuite acheminé à une turbine qui produit de l'électricité.*

*Une autre alternative est d'utiliser la compression verticale d'une colonne d'eau pour fournir de l'énergie à une turbine à eau ou à air.*

- Transformer le mouvement ondulatoire des vagues en mouvement de rotation ou de bascule d'éléments mécaniques

*Au vu du nombre de projets en développement, la transformation du mouvement ondulatoire des vagues est la technique qui remporte le plus d'adhésions. Les systèmes existants peuvent être installés au bord des côtes ou en mer, ils convertissent le mouvement ondulatoire des vagues en mouvement de rotation ou de bascule d'éléments mécaniques.*

#### 12.2.1.2. Mise en œuvre de la technologie

Sont présentés ici les projets les plus avancés à ce jour et qui bénéficient de prototypes déjà en fonctionnement ou même de certains sites en exploitation. Les notions de coûts sont indiquées à titre informatif et ne doivent pas être utilisées pour de quelconques calculs de rentabilité tant que les projets ne sont pas au stade de l'industrialisation.

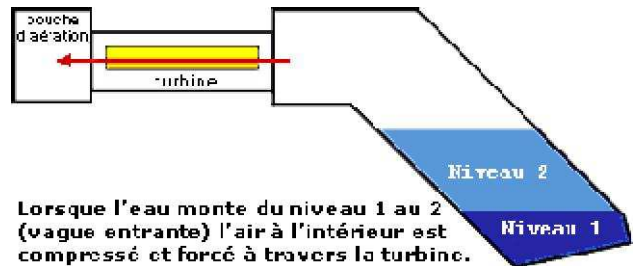
Le nombre de sociétés et de projets en cours de développement laisse présager d'un avenir certain pour ces énergies.



<http://www.wavegen.co.uk>

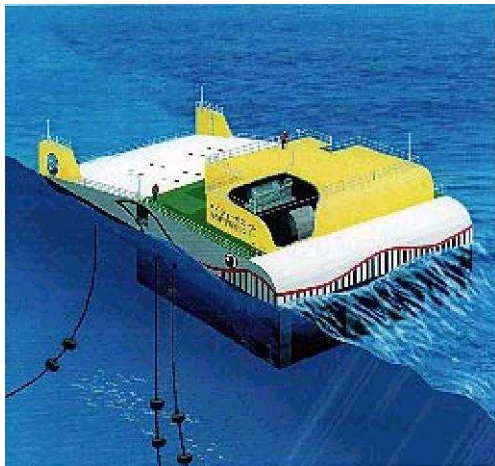
Cette installation doit prendre place sur un rivage rocailleux et exposé au vent et aux vagues.

Le projet LIMPET (Ecosse) fonctionne depuis Novembre 2000, il produit 500kW et fournit 400 foyers en électricité.



*Puissance disponible :* 500kW  
*Production annuelle :* 2 GWh/an  
*Coût du kWh :* 16 cts€/kWh

Une usine d'une puissance de 300kW est en construction en Espagne. Elle alimentera 250 foyers.



<http://www.jamstec.go.jp>

un module : 50 m x 30 m x 12 m

Le Mighty Whale (Japon) fonctionne par la compression de l'air grâce au mouvement des vagues. Cet air passe dans une turbine qui transforme ce mouvement en électricité.

*Puissance disponible :* 110kW /module  
*Production annuelle :* 50MWh/an  
*Coût du kWh :* nc



<http://www.oceanlinx.com/>

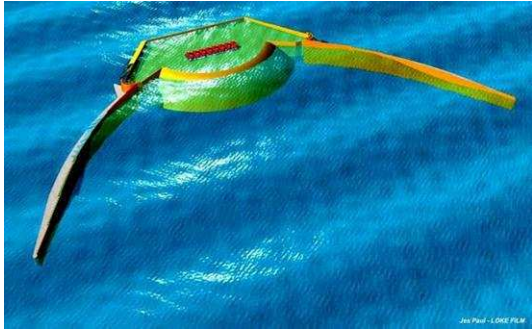
Oceanlinx (anciennement Energetech) développe un module de production situé en mer qui par le biais d'une chambre ouverte sous la ligne de flottaison va comprimer de l'air et faire fonctionner une turbine.

*Puissance disponible :* 2,5 MW  
*Production annuelle :* nc  
*Coût du kWh :* nc

Une installation « pré-commerciale » mise en place à Port Kemba (Australie) a fonctionné avec succès de mars à mai 2010.

Le mouvement des vagues entraîne la



|                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   <p>un module : 150 m et 3,5 m Ø – 700 tonnes<br/> <a href="http://www.pelamiswave.com/">http://www.pelamiswave.com/</a></p> | <p>contraction des vérins qui sont entre les tubes de l'engin. Les vérins actionnent ensuite une génératrice qui produit de l'énergie.</p> <p><i>Puissance disponible :</i> 750 kW /module<br/> <i>Production annuelle :</i> 2,7 GWh/an<br/> <i>Coût du kWh :</i> 44 cts€/kWh</p> <p>3 machines de 750kW ont été installées au Nord du Portugal, pour une capacité totale de 2,5MW. L'électricité est exportée avec succès sur le réseau. D'autres projets sont en cours de développement.</p> |
|  <p><a href="http://www.wavedragon.net/">http://www.wavedragon.net/</a></p> <p>2 bras de 125 m – 1 rampe d'accès pour l'eau de 145 m -</p>                                                                    | <p>Lövenmark a mis au point le WaveDragon qui utilise plusieurs techniques en même temps. L'eau est propulsée sur une rampe pour être ensuite turbinée.</p> <p><i>Puissance disponible :</i> 10 MW (16 turbines)<br/> <i>Production annuelle :</i> 20 GWh/an<br/> <i>Coût du kWh :</i> 11 cts€/kWh</p> <p>Un prototype de 20kW raccordé au réseau est en fonctionnement au Danemark.</p>                                                                                                       |
|   <p><a href="http://www.ips-ab.com/">http://www.ips-ab.com/</a></p>                                                      | <p>La firme Interproject Service présente son "OWEC Buoy", qui fournit de l'énergie par compression verticale de deux pistons.</p> <p><i>Puissance disponible :</i> de 10 à 150 kW par unité (~10 unités par installation)<br/> <i>Production annuelle :</i> 1,4GWh/an<br/> <i>Coût du kWh :</i> 4 cts€/kWh</p>                                                                                                                                                                                |

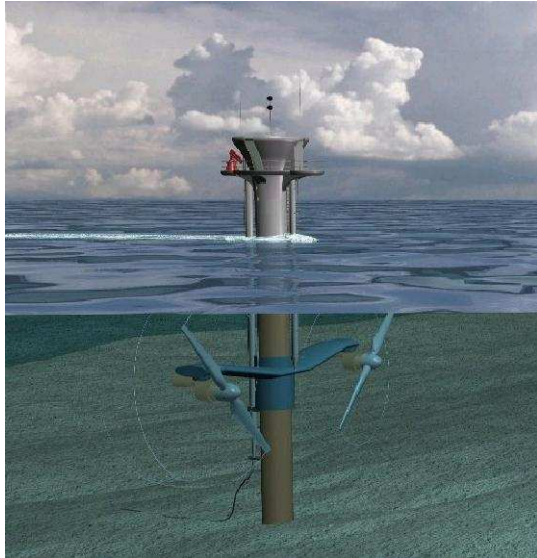
## 12.2.2. L'énergie hydrolienne

### 12.2.2.1. Exploitation du gisement

Les hydroliennes utilisent les courants marins pour produire de l'électricité. Il s'agit soit d'hydroliennes « axiales », semblable à des éoliennes sous-marines, soit à ailes battantes.

### 12.2.2.2. Mise en œuvre de la technologie

Plusieurs technologies sont en développement, à différents stades d'avancement. Les quatre technologies sont déjà expérimentées sur site.



<http://www.seageneration.co.uk/>

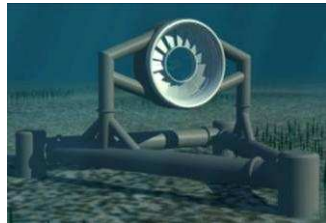
Le système **SeaGen** (1,2 MW) de Marine Current Turbines Ltd (utilisant le courant de marée) a été installé en avril 2008 à Strangford (Irlande du Nord). La mise en service a débuté en juillet 2008.

EDF Energy, la filiale britannique d'EDF, y a investi 3 millions d'euros.

*Puissance disponible : 1,2 MW (2\*600kW)*

*Production annuelle : 3,8 GWh/an  
(1140 équivalents logements)*

*Coût du kWh : 11 cts€/kWh*



<http://www.openhydro.com/home.html>

Le courant des marées fait tourner la turbine de l'hydrolienne d'**Openhydro**. La rotation commence pour une vitesse de courant de l'ordre de 0,7 m/s et entraîne un alternateur qui produit un courant électrique variable redressé par le convertisseur off-shore.

Cette technologie a déjà été installée au Royaume-Uni. Elle a été choisie par EDF pour le parc démonstrateur de Paimpol Bréhat, qui devrait voir le jour en 2012 (4 hydroliennes de 21m de hauteur, rotor de 12m de diamètre, 690t).



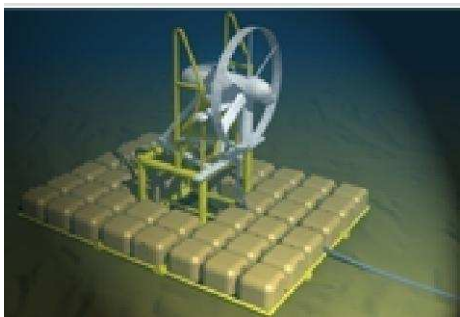
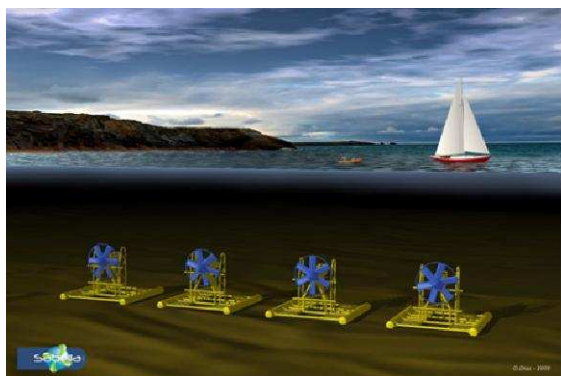
<http://www.hydro-gen.fr>

Machine de 100kW : 16m de long x 10m de large, turbine de 8m de diamètre

**La société Hydro-Gen** (Finistère) développe une grosse roue à aube flottante enchâssée dans une structure-tuyère profilée de type catamaran fonctionnant au grès des courants de marée qui s'inversent toutes les 6 heures environ. La machine tourne donc dans un sens pendant les 6 heures du flot (courant de marée montante) avec un maximum en milieu de période. Elle s'arrête pendant la renverse et est actionnée en sens inverse pendant les 6 heures de jusant (courant de marée descendante) avec, là aussi, un pic à mi-marée.

Les machines sont embossées (ancrées de l'avant et de l'arrière) en chaînes dans l'axe du courant de façon à capter un maximum de courant sur une surface minimum.

*Puissance disponible : 10 à quelques centaines de kW*



<http://www.sabella.fr/>

5 turbines de 200 kW (1 MW au total), 10 m de diamètre, 15m de hauteur.

**Le consortium Sabella** a développé, à partir d'un brevet de turbine dédiée au captage de l'énergie hydrocinétique des courants marins, une technologie spécifique basée sur un concept original d'écran de turbines posées sur le fond marin.

Ces turbines sont stabilisées par gravité et / ou ancrées en fonction de la nature du fond. Elles sont pré-orientées face aux courants de marée, et le profil de leurs pales permet de capter le flot et le jusant. Le rotor activé, à faible vitesse (10 à 15tr/mn), par le flux de la marée, entraîne une génératrice, laquelle exporte à la côte sa production électrique par un câble sous-marin ancré et ensouillé à son atterrage.

A l'instar d'une éolienne, un module d'électronique de puissance régule la production électrique issue d'une machine à vitesse variable pour livrer un signal électrique conforme aux spécifications du réseau national.

La phase industrielle de construction est entamée, et les hydroliennes devraient être commercialisées d'ici 2011-2012.

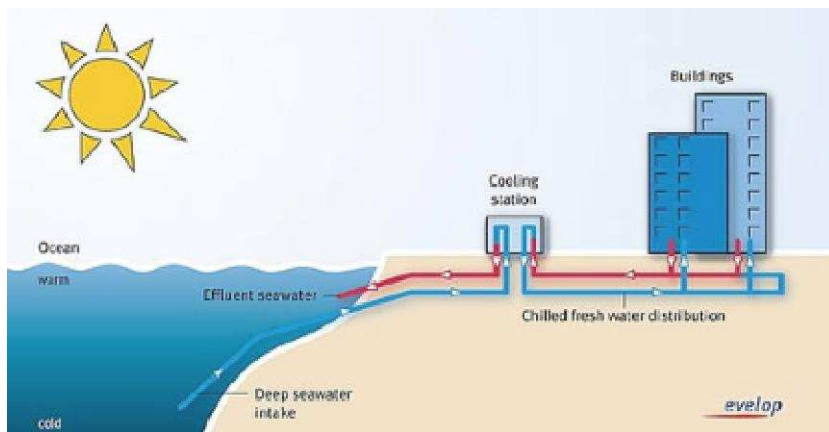


### **12.2.3. L'énergie thermique des mers**

#### **12.2.3.1. Exploitation du gisement**

L'énergie thermique des mers utilise la différence de chaleurs entre les eaux de profondeur et de surface de la mer.

L'utilisation de l'énergie thermique des mers (ETM) et ses dérivés, comme l'utilisation des eaux froides du fond, mérite que l'on s'y attarde, car cette technologie est déjà bien au point. Elle est déjà en œuvre notamment dans la zone intertropicale.



La climatisation par utilisation de ces eaux est déjà une réalité. Connue sous le nom de SWAC (Sea Water Air Conditioning), elle équipe plusieurs infrastructures, telles qu'un hôtel de Bora Bora (Polynésie française) ou encore un centre commercial de Halifax (Canada).

#### **12.2.3.2. Mise en œuvre de la technologie**

Depuis septembre 2009, la Seyne-sur-Mer (Var) possède également une installation utilisant l'énergie thermique des mers.

Les calories et frigories sont "capturées" dans l'eau de mer grâce à trois échangeurs thermodynamiques à plaques d'une puissance totale de 4 800kW, et un système de pompes à chaleur, afin de restituer chaleur ou froid selon la saison dans un circuit où l'eau douce circule en boucle.

54 000m<sup>2</sup> de tertiaire et résidentiel (550 logements) sont ainsi alimentés.

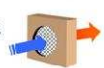
La température de l'eau de mer captée à 5m de profondeur est comprise entre 15°C en hiver et 22°C en été. La température de rejet est comprise entre 9°C en hiver et 32°C en été.

L'investissement global est de 2,5 M € HT.

### **12.2.4. Le potentiel plausible des installations utilisant l'énergie de la mer**

Nous avons laissé de côté l'exploitation de l'énergie thermique de la mer pour fixer un seul objectif sur des installations utilisant l'énergie houlomotrice : une dizaine de projets à l'horizon 2020 pour un total de 30 000 MWh/an.

# 13.SYNTHESE DES GISEMENTS NETS

|                       | 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        |                                    |                                             |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------|
|                       |                                                                                                                          |                                                |                                   |                                            | identifié sur le neuf (nb d'inst./an) | identifié sur le neuf chaque année | identifié sur le neuf chaque année (MWh/an) |
| Production de chaleur | <b>Solaire thermique</b>                                                                                                 |                                                |                                   |                                            |                                       |                                    |                                             |
|                       | CESI                                    | 804 421                                        | 3 619 896 m²                      | 1 357 461 MWh/an                           | 5 482                                 | 24 670 m²                          | 9 251 MWh/an                                |
|                       | SSC                                                                                                                      | 60 109                                         | 722 264 m²                        | 280 906 MWh/an                             | 5 110                                 | 61 412 m²                          | 24 565 MWh/an                               |
|                       | CESC sur les logements privés                                                                                            | 494                                            | 46 892 m²                         | 19 788 MWh/an                              | 32                                    | 3 031 m²                           | 1 279 MWh/an                                |
|                       | CESC sur les logements HLM                                                                                               | 794                                            | 75 440 m²                         | 31 836 MWh/an                              |                                       |                                    |                                             |
|                       | CESC hors habitat                                                                                                        | 1 439                                          | 81 741 m²                         | 40 870 MWh/an                              | 201                                   | 6 702 m²                           | 3 351 MWh/an                                |
|                       | CESC - agricole                                                                                                          |                                                |                                   |                                            |                                       |                                    |                                             |
|                       | Chauffage de l'eau des piscines                                                                                          | 128                                            | 12 019 m²                         | 3 606 MWh/an                               |                                       |                                    |                                             |
|                       | Industries                                                                                                               | 42                                             | 2 125 m²                          | 897 MWh/an                                 |                                       |                                    |                                             |
|                       | <b>Sous-total solaire thermique :</b>                                                                                    | <b>867 507</b>                                 | <b>4 560 377 m²</b>               | <b>1 743 364 MWh/an</b>                    | <b>10 833</b>                         | <b>95 815 m²</b>                   | <b>38 446 MWh/an</b>                        |
|                       | <b>Bois énergie - Chaudières automatiques</b>                                                                            |                                                |                                   |                                            |                                       |                                    |                                             |
|                       | Maison - chaudière automatique          | 29 838                                         | 537 078 kW                        | 644 494 MWh/an                             | 1 360                                 | 24 480 kW                          | 29 376 MWh/an                               |
|                       | Chaudières collectives                                                                                                   |                                                |                                   |                                            | 02                                    | 4 600 kW                           | 7 830 MWh/an                                |
|                       | Réseaux de chaleur                                                                                                       | 10                                             |                                   | 100 000 MWh/an                             |                                       |                                    |                                             |
|                       | <b>Sous-total bois énergie :</b>                                                                                         | <b>29 848</b>                                  | <b>537 078 kW</b>                 | <b>744 494 MWh/an</b>                      | <b>1 422</b>                          | <b>29 140 kW</b>                   | <b>37 206 MWh/an</b>                        |
|                       | <b>Inserts et Poêles performants</b>                                                                                     |                                                |                                   |                                            |                                       |                                    |                                             |
|                       | Poêles et inserts performants           | 360 288                                        | 3 602 883 kW                      | 2 269 817 MWh/an                           | 1840                                  | 18 400 kW                          | 11 592 MWh/an                               |
|                       | <b>Sous-total chauffage au bois :</b>                                                                                    | <b>360 288</b>                                 | <b>3 602 883 kW</b>               | <b>2 269 817 MWh/an</b>                    | <b>1 840</b>                          | <b>18 400 kW</b>                   | <b>11 592 MWh/an</b>                        |
|                       | <b>Géothermie - Aérothermie PAC</b>                                                                                      |                                                |                                   |                                            |                                       |                                    |                                             |
|                       | Maison géothermie verticale             | 122 861                                        | 1 474 332 kW                      | 1 179 465 MWh/an                           | 5 497                                 | 65 961 kW                          | 52 769 MWh/an                               |
|                       | Maison géothermie horizontale                                                                                            |                                                |                                   |                                            | 410                                   | 25 065 kW                          | 21 484 MWh/an                               |
|                       | Habitat collectif - sur nappe                                                                                            |                                                |                                   |                                            |                                       |                                    |                                             |
|                       | <b>Sous-total géothermie PAC :</b>                                                                                       | <b>122 861</b>                                 | <b>1 474 332 kW</b>               | <b>1 179 465 MWh/an</b>                    | <b>5 907</b>                          | <b>91 026 kW</b>                   | <b>74 253 MWh/an</b>                        |
|                       | <b>Aérothermie - PAC</b>                                                                                                 |                                                |                                   |                                            |                                       |                                    |                                             |
|                       | Maison aérothermie (air/air,  )         | 175 516                                        | 2 106 188 kW                      | 1 684 951 MWh/an                           | 8000                                  | 175 516 kW                         | 36 053 MWh/an                               |
|                       | Immeuble aérothermie                                                                                                     |                                                |                                   |                                            | 485                                   | 126 000 kW                         | 10 920 MWh/an                               |
|                       | <b>Sous-total aérothermie PAC :</b>                                                                                      | <b>175 516</b>                                 | <b>2 106 188 kW</b>               | <b>1 684 951 MWh/an</b>                    | <b>8 485</b>                          | <b>301 516 kW</b>                  | <b>46 973 MWh/an</b>                        |
|                       | <b>RECUP. DE CHALEUR EAUX USEES</b>                                                                                      |                                                |                                   |                                            |                                       |                                    |                                             |
|                       | Immeubles collectifs privés           | 2 017                                          |                                   | 24 938 MWh/an                              | 388                                   |                                    | 4 800 MWh/an                                |
|                       | Immeubles collectifs publics                                                                                             | 3 245                                          |                                   | 40 121 MWh/an                              |                                       |                                    |                                             |
|                       | <b>Sous-total récup. chaleur :</b>                                                                                       | <b>5 262</b>                                   |                                   | <b>65 059 MWh/an</b>                       | <b>388</b>                            |                                    | <b>4 800 MWh/an</b>                         |
|                       | <b>Biogaz</b>                                                                                                            |                                                |                                   |                                            |                                       |                                    |                                             |
|                       | Méthanisation agricole                |                                                |                                   | 1 323 807 MWh/an                           |                                       |                                    |                                             |
|                       | Méthanisation IAA                                                                                                        |                                                |                                   | 875 963 MWh/an                             |                                       |                                    |                                             |
|                       | <b>Sous-total biogaz :</b>                                                                                               |                                                |                                   | <b>2 199 770 MWh/an</b>                    | <b>0</b>                              | <b>0 kW</b>                        | <b>0 MWh/an</b>                             |
|                       | <b>Valorisation des déchets &amp; de la biomasse</b>                                                                     |                                                |                                   |                                            |                                       |                                    |                                             |
|                       | Aug. de la part renouv. (+10%)        | 1                                              |                                   | 56 115 MWh/an                              |                                       |                                    |                                             |
|                       | <b>Sous-total incinération :</b>                                                                                         | <b>1</b>                                       | <b>0 kW</b>                       | <b>56 115 MWh/an</b>                       | <b>0</b>                              | <b>0 kW</b>                        | <b>0 MWh/an</b>                             |
|                       | <b>Photovoltaïque</b>                                                                                                    |                                                |                                   |                                            |                                       |                                    |                                             |
|                       | Maison individuelle                   | 805 271                                        | 2 415 814 kW                      | 2 113 838 MWh/an                           | 5 487                                 | 16 460 kW                          | 14 403 MWh/an                               |
|                       | Bâtiments                                                                                                                | 48 500                                         | 1 115 082 kW                      | 408 540 MWh/an                             | 143                                   | 1 040 kW                           | 1 435 MWh/an                                |
|                       | Enseignement / équipements sportifs                                                                                      | 1 700                                          | 102 024 kW                        | 89 271 MWh/an                              | 25                                    | 778 kW                             | 681 MWh/an                                  |
|                       | Grandes toitures (industrielles, stockage)                                                                               | 13 200                                         | 1 321 320 kW                      | 1 057 056 MWh/an                           | 90                                    | 10 822 kW                          | 9 002 MWh/an                                |
|                       | Bâtiments agricoles                                                                                                      | 900                                            | 208 465 kW                        | 182 407 MWh/an                             | 90                                    | 21 973 kW                          | 19 227 MWh/an                               |
|                       | Ombrières de parking                                                                                                     | 123                                            | 62 947 kW                         | 55 079 MWh/an                              |                                       |                                    |                                             |
|                       | Centrales photovoltaïques                                                                                                | 19                                             | 67 000 kW                         | 59 630 MWh/an                              |                                       |                                    |                                             |
|                       | <b>Sous-total photovoltaïque :</b>                                                                                       | <b>867 713</b>                                 | <b>5 292 653 kW</b>               | <b>3 963 821 MWh/an</b>                    | <b>5 836</b>                          | <b>51 674 kW</b>                   | <b>44 748 MWh/an</b>                        |
|                       | <b>Hydroélectricité / Hydroliennes</b>                                                                                   |                                                |                                   |                                            |                                       |                                    |                                             |
|                       | Microcentrale (création, rénovation)  | 105                                            | 10 300 kW                         | 48 360 MWh/an                              |                                       |                                    |                                             |
|                       | Energie de la mer                                                                                                        | 10                                             | 10 000 kW                         | 30 000 MWh/an                              |                                       |                                    |                                             |
|                       | <b>Sous-total hydroélectricité :</b>                                                                                     | <b>115</b>                                     | <b>20 300 kW</b>                  | <b>78 360 MWh/an</b>                       | <b>0</b>                              | <b>0 kW</b>                        | <b>0 MWh/an</b>                             |
|                       | <b>Eolien</b>                                                                                                            |                                                |                                   |                                            |                                       |                                    |                                             |
|                       | Parc éolien (nb de machines)          | 300                                            | 900 000 kW                        | 2 250 000 MWh/an                           |                                       |                                    |                                             |
|                       | Eoliennes urbaines                                                                                                       | 500                                            | 25 000 kW                         | 103 750 MWh/an                             |                                       |                                    |                                             |
|                       | Eoliennes off shore                                                                                                      | 100                                            | 600 000 kW                        | 1 500 000 MWh/an                           |                                       |                                    |                                             |
|                       | <b>Sous-total éolien :</b>                                                                                               | <b>900</b>                                     | <b>1 525 000 kW</b>               | <b>3 853 750 MWh/an</b>                    | <b>0</b>                              | <b>0 kW</b>                        | <b>0 MWh/an</b>                             |
|                       | <b>Biogaz</b>                                                                                                            |                                                |                                   |                                            |                                       |                                    |                                             |
|                       | Méthanisation agricole                |                                                |                                   | 926 665 MWh/an                             |                                       |                                    |                                             |
|                       | Méthanisation IAA                                                                                                        |                                                |                                   | 613 174 MWh/an                             |                                       |                                    |                                             |
|                       | <b>Sous-total biogaz :</b>                                                                                               |                                                |                                   | <b>1 539 839 MWh/an</b>                    | <b>0</b>                              | <b>0 kW</b>                        | <b>0 MWh/an</b>                             |
|                       | <b>Valorisation de déchets &amp; de la biomasse</b>                                                                      |                                                |                                   |                                            |                                       |                                    |                                             |
|                       | Aug. de la part renouv. (+10%)        | 1                                              |                                   | 15 317 MWh/an                              |                                       |                                    |                                             |
|                       | <b>Sous-total incinération :</b>                                                                                         |                                                |                                   | <b>15 317 MWh/an</b>                       | <b>0</b>                              | <b>0 kW</b>                        | <b>0 MWh/an</b>                             |
|                       |                                                                                                                          |                                                |                                   | <b>17 709 170 MWh/an</b>                   |                                       |                                    | <b>211 045 MWh/an</b>                       |



# 14.SYNTHESE DES POTENTIELS PLAUSIBLES EN 2020 (HORS AGRO-CARBURANTS)

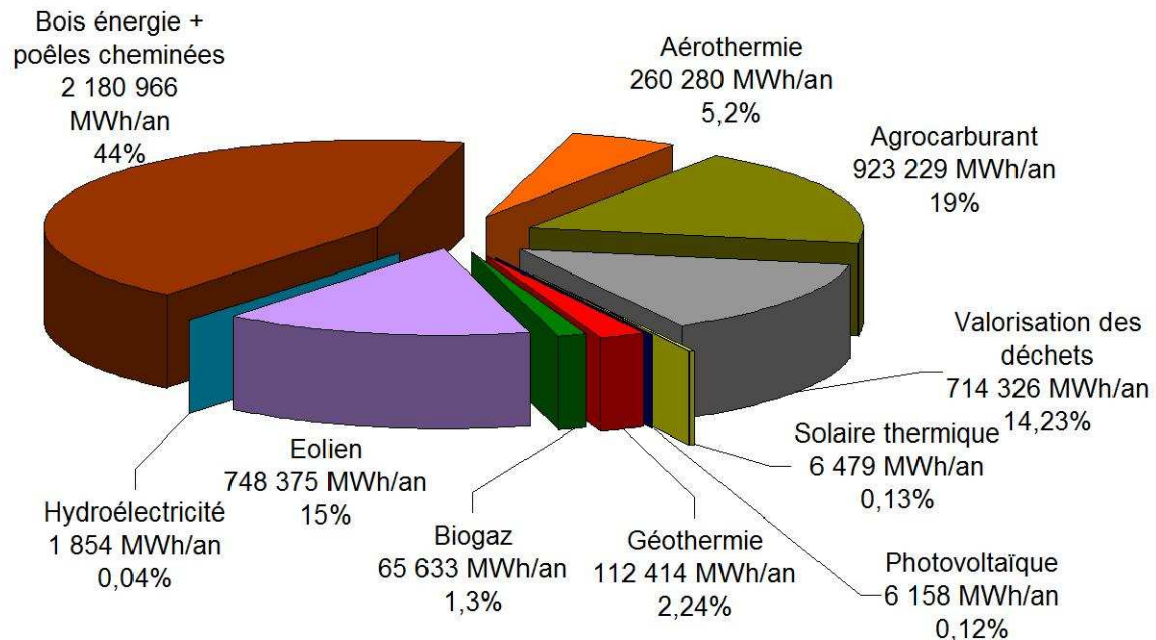
| 2020                                                   | Proposition d'un objectif<br>en % du gisement identifié |                |                         |                                  |               | Réalisation à<br>fin<br>2009 | Réalisation<br>entre<br>2010<br>2020 | Réalisations<br>par an entre<br>2010<br>2020 | Production<br>totale en<br>2020 | t CO <sub>2</sub> évité<br>/an en<br>2020 | Nb d'emplois<br>liés à la fabric.<br>et l'inst. | Nb d'emplois<br>annuels liés à<br>l'exploit. |            |
|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|----------------|-------------------------|----------------------------------|---------------|------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------|------------|
|                                                        | SUR L'EXISTANT                                          |                |                         | SUR LE NEUF (réalisation par an) |               | MWh/an                       | MWh/an                               | nb/an                                        | MWh/an                          |                                           |                                                 |                                              |            |
|                                                        | %                                                       | nb<br>d'inst.  | MWh/an                  | %                                | nb<br>d'inst. |                              |                                      |                                              |                                 |                                           |                                                 |                                              | MWh/an     |
| <b>Solaire thermique</b>                               |                                                         |                |                         |                                  |               |                              |                                      |                                              |                                 |                                           |                                                 |                                              |            |
| CESI                                                   | 2%                                                      | 16 000         | 27 000 MWh/an           | 59%                              | 3 226         | 5 444 MWh/an                 | 86 884                               | 4 826                                        |                                 | 12 164                                    | 1 501                                           | 17,9                                         |            |
| SSC                                                    | 2%                                                      | 1 200          | 5 760 MWh/an            | 2%                               | 93            | 447 MWh/an                   | 10 682                               | 202                                          |                                 | 2 884                                     | 173                                             | 2,2                                          |            |
| CESC sur les logements privés                          | 5%                                                      | 25             | 989 MWh/an              | 86%                              | 27            | 1 096 MWh/an                 | 13 045                               | 30                                           |                                 | 1 826                                     | 200                                             | 2,7                                          |            |
| CEGC sur les logements IILM                            | 20%                                                     | 160            | 0 414 MWh/an            |                                  |               |                              | 6 414                                | 15                                           |                                 | 090                                       | 90                                              | 1,3                                          |            |
| CESC hors habitat                                      | 3%                                                      | 50             | 1 420 MWh/an            | 84%                              | 168           | 2 799 MWh/an                 | 32 214                               | 1/2                                          |                                 | 4 510                                     | 417                                             | 6,6                                          |            |
| Chauffage de l'eau des piscines                        | 50%                                                     | 64             | 1 803 MWh/an            |                                  |               |                              | 1 803                                | 6                                            |                                 | 252                                       | 39                                              | 0,4                                          |            |
| Industries                                             | 24%                                                     | 10             | 215 MWh/an              |                                  |               |                              | 215                                  | 1                                            |                                 | 30                                        | 2                                               | 0,0                                          |            |
| <b>Sous-total solaire thermique :</b>                  |                                                         | <b>17 509</b>  | <b>43 602 MWh/an</b>    |                                  | <b>3 515</b>  | <b>9 787 MWh/an</b>          | <b>6 479</b>                         | <b>151 257</b>                               | <b>5 265</b>                    | <b>157 736</b>                            | <b>22 803</b>                                   | <b>2 430</b>                                 | <b>33</b>  |
| <b>Bois énergie - Chaudière automatique</b>            |                                                         |                |                         |                                  |               |                              |                                      |                                              |                                 |                                           |                                                 |                                              |            |
| Maison - chaudière automatique                         | 0,1%                                                    | 30             | 644 MWh/an              | 0%                               | 1             | 17 MWh/an                    | 834                                  | 3                                            |                                 | 225                                       |                                                 |                                              |            |
| Chaudières collectives                                 |                                                         |                |                         | 1%                               | 1             | 100 MWh/an                   | 1 095                                | 1                                            |                                 | 296                                       |                                                 |                                              |            |
| Réseaux de chaleur                                     | 100%                                                    | 10             | 100 000 MWh/an          |                                  |               |                              | 100 000                              | 1                                            |                                 | 27 000                                    |                                                 |                                              |            |
| <b>Ss-total bois énergie - chaudière automatique :</b> |                                                         | <b>40</b>      | <b>100 644 MWh/an</b>   |                                  |               | <b>117 MWh/an</b>            | <b>239 470</b>                       | <b>101 930</b>                               | <b>4</b>                        | <b>341 400</b>                            | <b>92 178</b>                                   | <b>192</b>                                   | <b>218</b> |
| <b>Inserts et Poêles performants</b>                   |                                                         |                |                         |                                  |               |                              |                                      |                                              |                                 |                                           |                                                 |                                              |            |
| Poêles et inserts performants                          | 100%                                                    | 360 283        | 2 269 817 MWh/an        | 36%                              | 668           | 4 210 MWh/an                 | 46 314                               | 33 422                                       |                                 | 12 505                                    |                                                 |                                              |            |
| <b>Sous-total bois énergie - inserts et poeles :</b>   |                                                         | <b>360 283</b> | <b>2 269 817 MWh/an</b> |                                  | <b>668,3</b>  | <b>4 210 MWh/an</b>          | <b>2 269 817</b>                     | <b>46 314</b>                                | <b>36 697</b>                   | <b>2 316 131</b>                          | <b>625 355</b>                                  | <b>868</b>                                   | <b>767</b> |
| <b>Géothermie - PAC</b>                                |                                                         |                |                         |                                  |               |                              |                                      |                                              |                                 |                                           |                                                 |                                              |            |
| Maison géothermie verticale                            | 1%                                                      | 1 800          | 17 200 MWh/an           |                                  |               |                              | 17 280                               | 164                                          | 17 280                          | 4 686                                     | 107                                             |                                              |            |
| Maison géothermie horizontale                          |                                                         |                |                         | 10%                              | 524           | 5 029 MWh/an                 | 55 321                               | 524                                          | 55 321                          | 14 937                                    | 343                                             |                                              |            |
| Habitat collectif - sur nappe                          |                                                         |                |                         | 13%                              | 52            | 2 722 MWh/an                 | 29 940                               | 52                                           | 29 940                          | 8 034                                     | 186                                             |                                              |            |
| <b>Sous-total géothermie PAC :</b>                     |                                                         | <b>1 800</b>   | <b>17 280 MWh/an</b>    |                                  | <b>576</b>    | <b>7 751 MWh/an</b>          | <b>112 414</b>                       | <b>102 541</b>                               | <b>756</b>                      | <b>214 954</b>                            | <b>58 038</b>                                   | <b>636</b>                                   | <b>21</b>  |
| <b>Aérothermie - PAC</b>                               |                                                         |                |                         |                                  |               |                              |                                      |                                              |                                 |                                           |                                                 |                                              |            |
| Maison aérothermie (air/air, air/eau)                  | 50%                                                     | 87 753         | 842 475 MWh/an          | 30%                              | 2 400         | 10 816 MWh/an                | 961 451                              | 10 378                                       |                                 |                                           |                                                 |                                              |            |
| Immeuble aérothermie                                   |                                                         |                |                         | 10%                              | 49            | 1 092 MWh/an                 | 12 012                               | 49                                           |                                 |                                           |                                                 |                                              |            |
| <b>Sous-total aérothermie PAC :</b>                    |                                                         | <b>87 753</b>  | <b>842 475 MWh/an</b>   |                                  | <b>2 449</b>  | <b>11 908 MWh/an</b>         | <b>260 280</b>                       | <b>973 463</b>                               | <b>11 224</b>                   | <b>1 233 743</b>                          | <b>333 111</b>                                  | <b>nc</b>                                    | <b>nc</b>  |
| <b>RECUP. DE CHALEUR EAUX USEES</b>                    |                                                         |                |                         |                                  |               |                              |                                      |                                              |                                 |                                           |                                                 |                                              |            |
| Immeubles collectifs privés                            | 50%                                                     | 1 009          | 12 469 MWh/an           | 50%                              | 194           | 2 400 MWh/an                 | 38 869                               | 286                                          | 38 869                          | 10 495                                    | 241                                             |                                              |            |
| Immeubles collectifs publics                           | 50%                                                     | 1 623          | 20 060 MWh/an           |                                  |               |                              | 20 060                               | 148                                          | 20 060                          | 6 018                                     | 124                                             |                                              |            |
| <b>Sous-total récup. chaleur eaux usées :</b>          |                                                         | <b>2 631</b>   | <b>32 530 MWh/an</b>    |                                  | <b>194</b>    | <b>2 400 MWh/an</b>          | <b>58 930</b>                        | <b>457</b>                                   | <b>58 930</b>                   | <b>16 513</b>                             | <b>365</b>                                      | <b>6</b>                                     |            |
| <b>Biogaz - Production de chaleur</b>                  |                                                         |                |                         |                                  |               |                              |                                      |                                              |                                 |                                           |                                                 |                                              |            |
| Méthanisation agricole                                 | 5%                                                      | 0              | 66 190 MWh/an           |                                  |               |                              | 66 190                               |                                              |                                 | 19 195                                    |                                                 |                                              |            |
| Méthanisation IAA                                      | 5%                                                      | 0              | 43 790 MWh/an           |                                  |               |                              | 43 790                               |                                              |                                 | 12 701                                    |                                                 |                                              |            |
| <b>Sous-total biogaz chaleur :</b>                     |                                                         | <b>0</b>       | <b>109 980 MWh/an</b>   |                                  | <b>0</b>      | <b>0 MWh/an</b>              | <b>62 659</b>                        | <b>109 983</b>                               | <b>0,00</b>                     | <b>172 647</b>                            | <b>48 815</b>                                   | <b>129,4</b>                                 | <b>12</b>  |
| <b>Valorisation déchets / biomasse</b>                 |                                                         |                |                         |                                  |               |                              |                                      |                                              |                                 |                                           |                                                 |                                              |            |
| Aug. de la part renouv (+10%)                          |                                                         |                | 56 115 MWh/an           |                                  |               |                              | 56 115                               |                                              | 56 115                          | 16 273                                    | 120                                             |                                              |            |
| <b>Sous-total incinération :</b>                       |                                                         |                | <b>56 115 MWh/an</b>    |                                  |               | <b>0 MWh/an</b>              | <b>561 154</b>                       | <b>56 115</b>                                |                                 | <b>617 269</b>                            | <b>179 008</b>                                  | <b>120</b>                                   | <b>59</b>  |
| TOTAL THERMIQUE (MWh/an)                               |                                                         |                |                         |                                  |               |                              |                                      |                                              |                                 |                                           |                                                 |                                              |            |
| Production thermique (MWh/an)                          |                                                         |                |                         |                                  |               |                              |                                      |                                              | <b>5 112 810</b>                |                                           | <b>4 375</b>                                    | <b>1 109</b>                                 |            |
| équivalent tep/an                                      |                                                         |                |                         |                                  |               |                              |                                      |                                              | <b>439 702</b>                  |                                           |                                                 |                                              |            |
| rejet de CO2 évité (tCO2/an)                           |                                                         |                |                         |                                  |               |                              |                                      |                                              | <b>1 375 820</b>                |                                           |                                                 |                                              |            |

|                                                     | 2020                                       | Proposition d'un objectif<br>en % du gisement identifié |               |                         |                                  |               |                      | Réalisation à<br>fin<br>2009                          | Réalisation<br>entre<br>2010<br>2020 | Réalisations<br>par an entre<br>2010<br>2020 | Production<br>totale en<br>2020 | t CO <sub>2</sub> évité<br>/an en<br>2020 | Nb d'emplois<br>liés à la fabric.<br>et l'inst. | Nb d'emplois<br>annuels liés à<br>l'exploit. |
|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------|-------------------------|----------------------------------|---------------|----------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------|
|                                                     |                                            | SUR L'EXISTANT                                          |               |                         | SUR LE NEUF (réalisation par an) |               |                      | MWh/an                                                | MWh/an                               | nb/an                                        | MWh/an                          | t CO <sub>2</sub>                         | nb<br>d'emplois                                 | nb<br>d'emplois                              |
|                                                     |                                            | %                                                       | nb<br>d'inst. | MWh/an                  | %                                | nb<br>d'inst. | MWh/an               |                                                       |                                      |                                              |                                 |                                           |                                                 |                                              |
|                                                     |                                            |                                                         |               |                         |                                  |               |                      |                                                       |                                      |                                              |                                 |                                           |                                                 |                                              |
| Production d'électricité                            | <b>Photovoltaïque</b>                      |                                                         |               |                         |                                  |               |                      |                                                       |                                      |                                              |                                 |                                           |                                                 |                                              |
|                                                     | Maison individuelle                        | 0%                                                      | 4 000         | 10 500 MWh/an           | 62%                              | 3 424         | 8 989 MWh/an         |                                                       | 109 382                              | 3 788                                        |                                 | 32 815                                    | 3 750                                           |                                              |
|                                                     | Bâtiments                                  | 2%                                                      | 800           | 6 994 MWh/an            | 58%                              | 84            | 837 MWh/an           |                                                       | 16 206                               | 156                                          |                                 | 4 862                                     | 556                                             |                                              |
|                                                     | Enseignement / équipements sportifs        | 2%                                                      | 30            | 1 575 MWh/an            | 57%                              | 15            | 391 MWh/an           |                                                       | 5 875                                | 17                                           |                                 | 1 762                                     | 201                                             |                                              |
|                                                     | Grandes toitures (industrielles, stockage) | 4%                                                      | 500           | 40 040 MWh/an           | 47%                              | 43            | 4 263 MWh/an         |                                                       | 86 935                               | 88                                           |                                 | 26 080                                    | 2 981                                           |                                              |
|                                                     | Bâtiments agricoles                        | 44%                                                     | 400           | 81 070 MWh/an           |                                  |               |                      |                                                       | 81 070                               | 36                                           |                                 | 24 321                                    | 2 780                                           |                                              |
|                                                     | Ombrières de parking                       | 5%                                                      | 6             | 2 754 MWh/an            |                                  |               |                      |                                                       | 2 754                                | 1                                            |                                 | 826                                       | 94                                              |                                              |
|                                                     | Centrales photovoltaïques                  | 50%                                                     | 10            | 29 815 MWh/an           |                                  |               |                      |                                                       | 29 815                               | 1                                            |                                 | 8 945                                     | 1 022                                           |                                              |
|                                                     | <b>Sous-total solaire photovoltaïque :</b> |                                                         | <b>5 746</b>  | <b>172 748 MWh/an</b>   |                                  | <b>3 565</b>  | <b>14 481 MWh/an</b> | <b>6 158</b>                                          | <b>332 036</b>                       | <b>4 140</b>                                 | <b>338 194</b>                  | <b>101 458</b>                            | <b>7 634</b>                                    | <b>127</b>                                   |
|                                                     | <b>Hydroélectricité</b>                    |                                                         |               |                         |                                  |               |                      |                                                       |                                      |                                              |                                 |                                           |                                                 |                                              |
|                                                     | Microcentrale (création, rénovation)       | 50%                                                     | 53            | 24 180 MWh/an           |                                  |               |                      |                                                       | 24 180                               | 4,77                                         |                                 | 6 891                                     |                                                 |                                              |
|                                                     | Energie de la mer                          | 100%                                                    | 10            | 30 000 MWh/an           |                                  |               |                      |                                                       | 30 000                               | 0,91                                         |                                 | 9 000                                     |                                                 |                                              |
|                                                     | <b>Sous-total hydroélectricité :</b>       |                                                         | <b>62,5</b>   | <b>54 180 MWh/an</b>    |                                  | <b>0</b>      | <b>0 MWh/an</b>      | <b>1 854</b>                                          | <b>54 180</b>                        | <b>6,3</b>                                   | <b>56 034</b>                   | <b>885 270</b>                            | <b>1 165</b>                                    | <b>33</b>                                    |
|                                                     | <b>Eolien</b>                              |                                                         |               |                         |                                  |               |                      |                                                       |                                      |                                              |                                 |                                           |                                                 |                                              |
|                                                     | Parc éolien (nb de machines)               | 100%                                                    | 300           | 2 250 000 MWh/an        |                                  |               |                      |                                                       | 2 250 000                            | 27                                           |                                 | 675 000                                   | 7 000                                           |                                              |
|                                                     | Eoliennes urbaines                         | 100%                                                    | 500           | 103 750 MWh/an          |                                  |               |                      |                                                       | 103 750                              | 45,5                                         |                                 | 31 125                                    | 194                                             |                                              |
|                                                     | Eoliennes off shore                        | 0%                                                      | 0             | 0 MWh/an                |                                  |               |                      |                                                       | 0                                    |                                              |                                 | 0                                         | 0                                               |                                              |
|                                                     | <b>Sous-total éolien :</b>                 |                                                         | <b>800</b>    | <b>2 353 750 MWh/an</b> |                                  | <b>0</b>      | <b>0 MWh/an</b>      | <b>748 375</b>                                        | <b>2 353 750</b>                     | <b>80,0</b>                                  | <b>3 102 125</b>                | <b>707 973</b>                            | <b>7 194,4</b>                                  | <b>437,12</b>                                |
|                                                     | <b>Biogaz - Production d'électricité</b>   |                                                         |               |                         |                                  |               |                      |                                                       |                                      |                                              |                                 |                                           |                                                 |                                              |
|                                                     | Méthanisation agricole                     | 5%                                                      | 0             | 46 333 MWh/an           |                                  |               |                      |                                                       | 46 333                               |                                              |                                 |                                           |                                                 |                                              |
|                                                     | Méthanisation IAA                          | 5%                                                      | 0             | 30 659 MWh/an           |                                  |               |                      |                                                       | 30 659                               |                                              |                                 |                                           |                                                 |                                              |
|                                                     | <b>Sous-total biogaz électricité :</b>     |                                                         | <b>0</b>      | <b>76 992 MWh/an</b>    |                                  | <b>0</b>      | <b>0 MWh/an</b>      | <b>2 974</b>                                          | <b>76 992</b>                        | <b>0,00</b>                                  | <b>79 966</b>                   | <b>78 260</b>                             | <b>54,5</b>                                     | <b>5,6</b>                                   |
|                                                     | <b>Valorisation des déchets / biomasse</b> |                                                         |               |                         |                                  |               |                      |                                                       |                                      |                                              |                                 |                                           |                                                 |                                              |
|                                                     | Augmentation de la part du bois (+10%)     | 100%                                                    |               | 15 317 MWh/an           |                                  |               |                      |                                                       | 15 317                               |                                              | 15 317                          | 4 595                                     | 33                                              |                                              |
|                                                     | <b>Sous-total incinération :</b>           |                                                         | <b>0</b>      | <b>15 317 MWh/an</b>    |                                  | <b>0</b>      | <b>0 MWh/an</b>      | <b>153 173</b>                                        | <b>15 317</b>                        | <b>0,00</b>                                  | <b>168 490</b>                  | <b>4 851</b>                              | <b>33</b>                                       | <b>16</b>                                    |
|                                                     |                                            |                                                         |               |                         |                                  |               |                      | TOTAL ELECTRIQUE (MWh/an)                             |                                      |                                              |                                 |                                           |                                                 |                                              |
|                                                     |                                            |                                                         |               |                         |                                  |               |                      | Production électrique (MWh/an)                        |                                      |                                              |                                 | 3 744 809                                 |                                                 |                                              |
|                                                     |                                            |                                                         |               |                         |                                  |               |                      | équivalent tep/an                                     |                                      |                                              |                                 | 322 054                                   |                                                 |                                              |
|                                                     |                                            |                                                         |               |                         |                                  |               |                      | rejet de CO <sub>2</sub> évité (tCO <sub>2</sub> /an) |                                      |                                              |                                 | 1 777 812                                 |                                                 |                                              |
| <b>TOTAL TOUTES ENERGIES RENOUVELABLES MWh/an :</b> |                                            |                                                         |               |                         |                                  |               |                      | <b>4 164 526</b>                                      | <b>3 459 350</b>                     | <b>47 406</b>                                | <b>8 857 619</b>                | <b>3 153 632</b>                          | <b>20 820</b>                                   | <b>1 733</b>                                 |

## 15. PROPOSITION D'UN MIX ENERGETIQUE

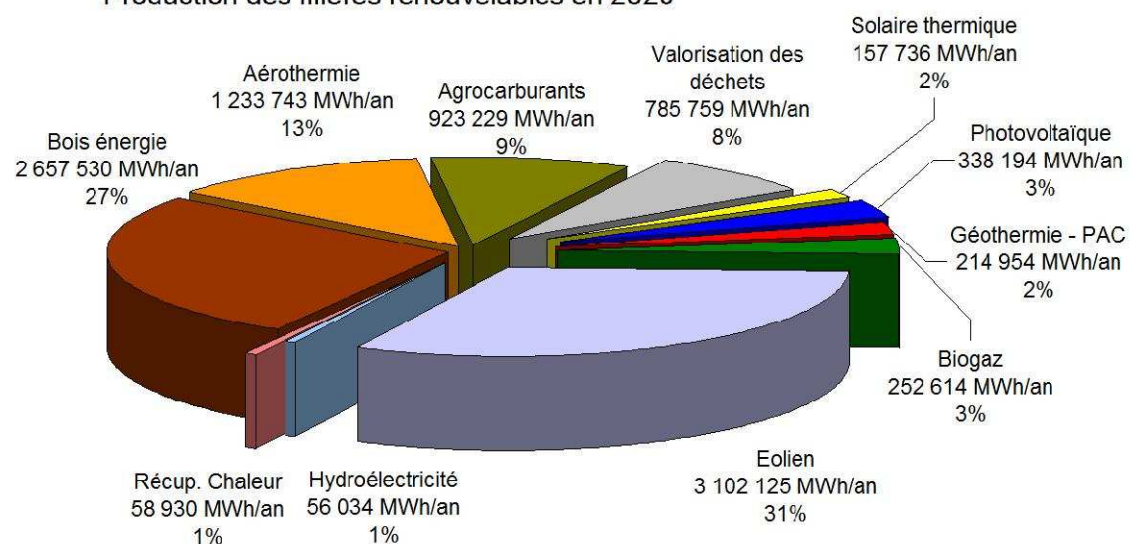
### 15.1. RAPPEL DE LA PRODUCTION DES ENRS A FIN 2009

Production des filières renouvelables en 2009



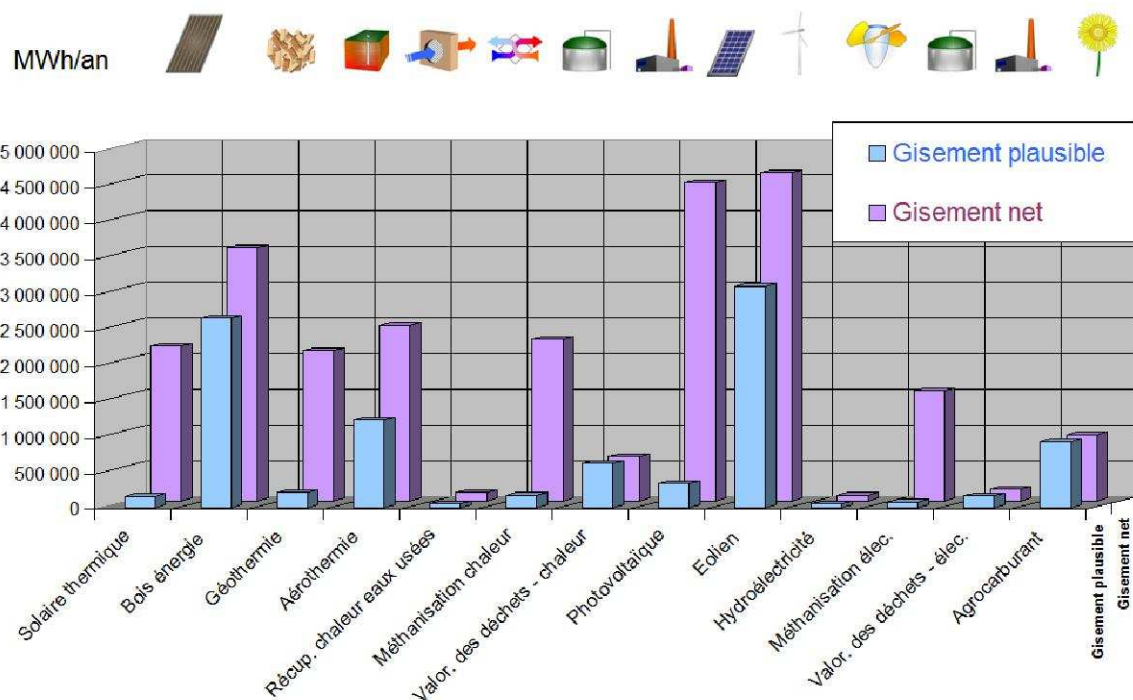
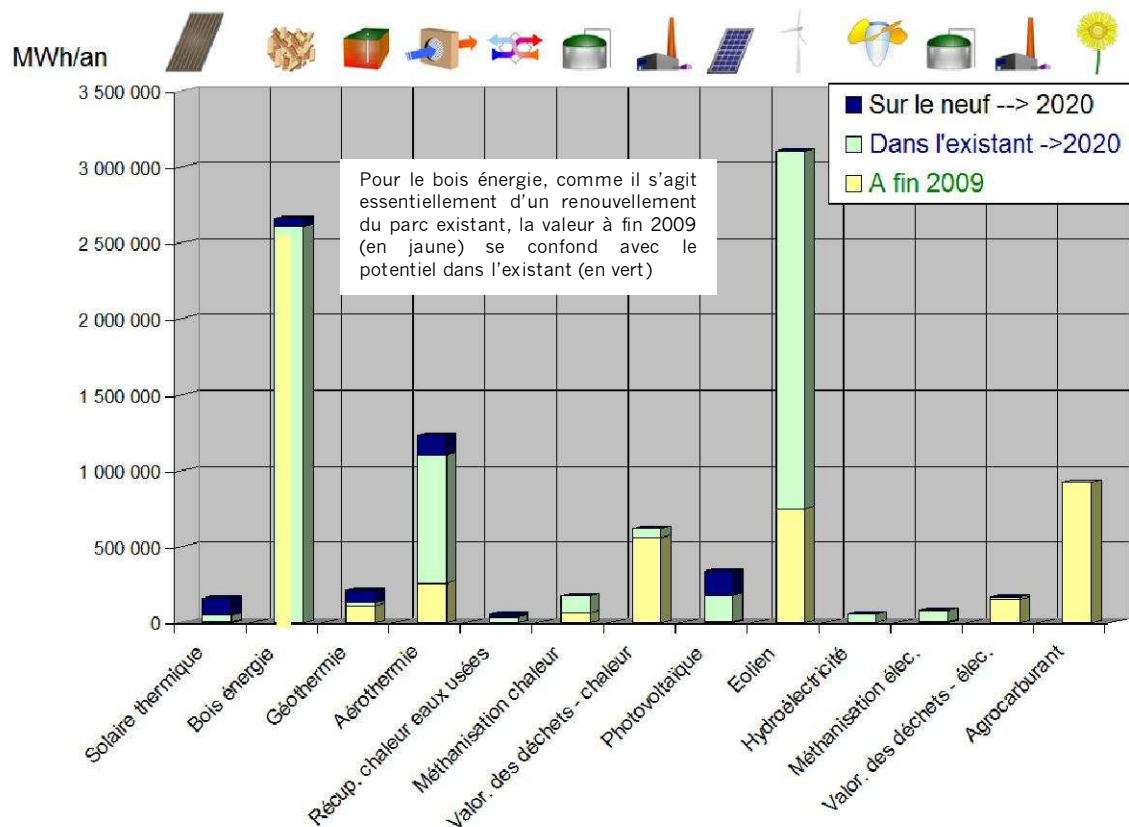
### 15.2. REPARTITION DE LA PRODUCTION DES ENRS EN 2020

Production des filières renouvelables en 2020





## 15.3. PERSPECTIVE DE DEVELOPPEMENT DES FILIERES A L'HORIZON 2020



Nets 22 679 GWh/an

Plausibles 9 780 GWh/an

**Le premier graphique** à la page précédente représente une vue plausible du paysage énergétique pour les filières énergies renouvelables à l'horizon 2020. Il met en évidence la part importante actuelle (en jaune) des filières bois-énergie, agor-carburant, éolien et valorisation des déchets. Le scénario en poursuite de tendance laisse entrevoir d'une part, un potentiel beaucoup plus important sur le parc des bâtiments existant (en vert) que sur le parc neuf (en bleu) et d'autre part une très forte progression de l'éolien et de l'aérothermie dans le mix énergétique futur. Les filières solaires (photovoltaïque et thermique) se développant quant à elles dans une moindre mesure.

**Le deuxième graphique** laisse entrevoir des possibilités bien supérieures (entre le gisement plausible en bleu et le gisement net en violet) pour les filières solaires thermiques, la géothermie et le photovoltaïque notamment.

La production s'établit à **9 780 800 MWh/an en 2020**, soit 7,8% de la consommation totale si celle-ci baisse de 20% dans le même temps.

## 16.CONCLUSION

Tandis que certaines filières vont fortement se développer sans l'intervention des pouvoirs publics, c'est le cas de l'éolien et de l'aérothermie, les gisements nets des filières géothermiques, solaires et méthanisation ne seront pas exploités à leur juste valeur à l'horizon 2020. Les gisements nets pour ces filières présentent des chiffres importants qu'il est possible de valoriser par des actions incitatives, de sensibilisation et de promotion de ces filières, permettant ainsi d'équilibrer le mix énergétique.



ANNEXE

A.1 Rejets de CO2 évités par les filières énergies renouvelables

## REJETS DE CO<sub>2</sub> EVITES PAR LES FILIERES ENERGIES RENOUVELABLES

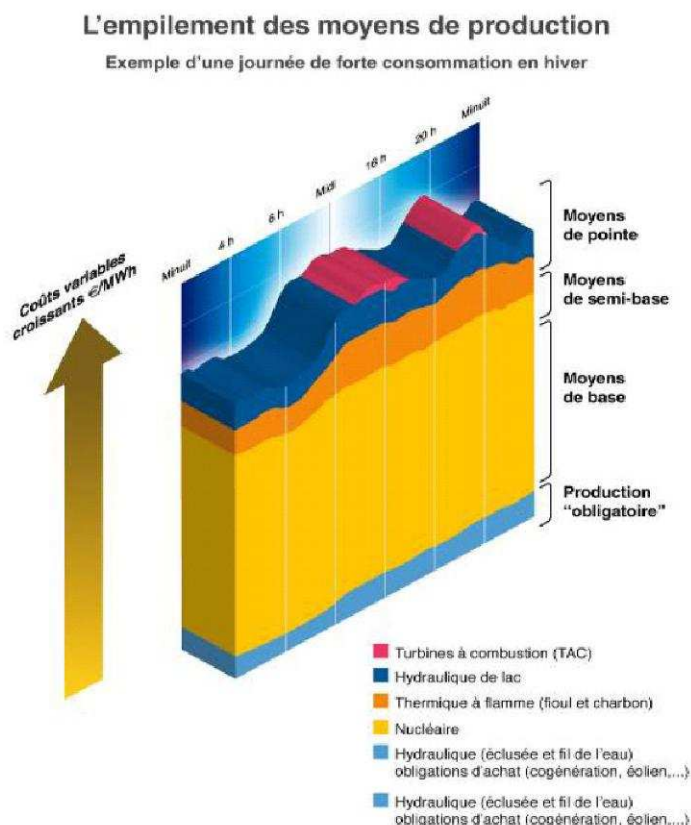
L'objectif est de préciser les hypothèses qui ont été prises et le mode de calcul adopté afin de quantifier les rejets de CO<sub>2</sub> évités par les filières énergies renouvelables.

### LES FILIERES ELECTRIQUES

#### CO<sub>2</sub> évité

Lorsqu'un kilowattheure électrique (kWh) est produit par une installation d'énergie renouvelable, le gain d'émissions CO<sub>2</sub> réalisé dépend directement du moyen de production qui aurait été employé pour satisfaire une demande ou une production équivalente.

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



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

« La sollicitation des moyens de production pour satisfaire la demande respecte un ordre économique établi en fonction des coûts proportionnels de production de chaque installation. Au plus bas de l'empilement se trouvent les productions dites fatales, parmi lesquelles l'éolien et l'hydraulique au fil de l'eau. Suivent le nucléaire, puis le charbon et les cycles combinés au gaz (CCG), et enfin le fioul et les turbines à combustion (TAC). Ainsi, à chaque instant, un accroissement de la demande se traduira par la sollicitation du moyen de production le moins cher disponible à la hausse. Inversement, une baisse de la demande est compensée par la réduction de la puissance du moyen le plus cher démarré. Selon la terminologie courante, c'est le moyen de production marginal. » (ADEME-RTE : note sur le contenu en CO<sub>2</sub> du kWh électrique).

**Aussi, toute énergie renouvelable supplémentaire viendra en substitution des moyens de production les plus chers que l'on trouve en haut de l'empilement. La valeur de 300 gCO<sub>2</sub>évités/kWh a été retenue dans le cadre du Grenelle de l'environnement c'est également la valeur que nous retiendrons.**

## Les filières thermiques

### CO<sub>2</sub> évités

Pour l'eau chaude sanitaire, les valeurs nominales ont été prises pour les énergies fossiles, la valeur de 40 gCO<sub>2</sub>/kWh a été retenue pour l'ECS électrique (note ADEME-EDF sur le contenu CO<sub>2</sub> du kWh par usage en France). Cette valeur de 40 gCO<sub>2</sub>/kWh a été également reprise dans la méthode bilan carbone de l'ADEME.

Pour le calcul de la valeur moyenne des émissions de CO<sub>2</sub> du chauffage, les valeurs nominales ont été prises pour les énergies fossiles :

- 205 gCO<sub>2</sub>/kWh pour le gaz,
- 271 gCO<sub>2</sub>/kWh pour le fioul,
- 205 gCO<sub>2</sub>/kWh pour le réseau de chaleur (moyenne française)
- 103 gCO<sub>2</sub>/kWh pour les autres moyens (avec une hypothèse de 55 gCO<sub>2</sub>/kWh pour le bois)

La valeur de 450 gCO<sub>2</sub>/kWh a été retenue pour le chauffage électrique (note ADEME-RTE sur le contenu CO<sub>2</sub> du kWh du chauffage électrique en France).

La répartition des modes de chauffage de l'eau chaude sanitaire et des logements nous indique les rejets de CO<sub>2</sub>/kWh en valeur moyenne pour les maisons et les logements collectifs :

BILAN DES EMISSIONS DE CO<sub>2</sub> POUR LE CHAUFFAGE ET L'EAU CHAUDE SANITAIRE

| Chiffre du chauffage sur la Lille en 2006 | Répart. pour le chauffage |              | Répart. pour l'ECS |              | gCO <sub>2</sub> /kWh chauffage      | gCO <sub>2</sub> /kWh Ecs | Chauffage gCO <sub>2</sub> /kWh |              | ECS gCO <sub>2</sub> /kWh |              |
|-------------------------------------------|---------------------------|--------------|--------------------|--------------|--------------------------------------|---------------------------|---------------------------------|--------------|---------------------------|--------------|
|                                           | Log. collectif            | Maison indiv | Log. collectif     | Maison indiv |                                      |                           | Log. collectif                  | Maison indiv | Log. collectif            | Maison indiv |
| gaz                                       | 54%                       | 60%          | 54%                | 59%          | 205                                  | 205                       | 110,2                           | 122,7        | 110,0                     | 121,9        |
| élec                                      | 31%                       | 19%          | 33%                | 38%          | 500                                  | 40                        | 152,6                           | 96,4         | 13,1                      | 15,1         |
| fuel                                      | 4%                        | 17%          | 4%                 | 3%           | 271                                  | 271                       | 11,2                            | 46,2         | 10,3                      | 7,1          |
| bois                                      | 1,8%                      | 3,9%         | 0%                 | 0%           | 0                                    | 0                         | 0,0                             | 0,0          | 0,0                       | 0,0          |
| chauffage urbain                          | 10%                       | 0,1%         | 10%                | 0%           | 196                                  | 196                       | 19,3                            | 0,2          | 19,3                      | 0,2          |
|                                           | 100%                      | 100%         | 100%               | 100%         | on retient (gCO <sub>2</sub> /kWh) : |                           | 293                             | 265          | 153                       | 144          |

**Aussi, il est possible de retenir une valeur moyenne de 150 gCO<sub>2</sub>évités/kWh pour la substitution de la production de l'eau chaude sanitaire et de 280 gCO<sub>2</sub>évités/kWh pour le chauffage.**