

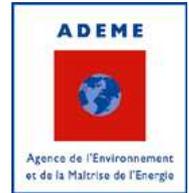
Énergies renouvelables en Nord-Pas de Calais Quel gisement et quels modèles de développement ?

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

JANVIER 2011



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
69 447 LYON Cedex 03
Tél. : 04 37 44 15 80



SOMMAIRE

ETAT DES LIEUX DE LA PRODUCTION D'ÉNERGIES RENOUVELABLES	8
1. BILAN DES INSTALLATIONS A FIN 2009	8
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
2. POSITIONNEMENT DE LA REGION	13
LE POTENTIEL DE PRODUCTION D'ÉNERGIES RENOUVELABLES	15
3. HYPOTHESES ET NOTE METHODOLOGIQUE	15
3.1. LES GISEMENTS NETS	15
3.2. LES GISEMENTS PLAUSIBLES	16
4. LES DONNEES SOCIO-ECONOMIQUES	19
4.1. LES CARACTERISTIQUES DE L'HABITAT	19
4.2. LA DYNAMIQUE DU LOGEMENT	24
4.3. LE REVENU FINANCIER DES MENAGES	25
5. L'ANALYSE CARTOGRAPHIQUE	26
5.1. TYPOLOGIE DES BATIMENTS	26
6. LES FILIERES SOLAIRES	29
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 GISEMENTS NETS DES FILIERES SOLAIRES THERMIQUES	37
6.6. LES GISEMENTS PLAUSIBLES DES FILIERES SOLAIRES THERMIQUES	49
6.1. TABLEAU RECAPITULATIF GENERAL POUR LA FILIERE SOLAIRE THERMIQUE	52
6.2. LES GISEMENTS NETS DES FILIERES PHOTOVOLTAÏQUES	54

6.3.	LES GISEMENTS PLAUSIBLES DES FILIERES PHOTOVOLTAÏQUES	61
6.4.	TABLEAU RECAPITULATIF GENERAL POUR LE PHOTOVOLTAÏQUE	64
7.	LE BOIS ENERGIE	65
7.1.	LA RESSOURCE BOIS ENERGIE	65
7.2.	LES GISEMENTS NETS DES INSTALLATIONS AU BOIS	75
7.3.	LES GISEMENTS PLAUSIBLES DES INSTALLATIONS BOIS	81
7.4.	TABLEAU RECAPITULATIF GENERAL POUR LE BOIS ENERGIE	83
8.	LA METHANISATION	84
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
9.	LA GEOTHERMIE	94
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.	LES GISEMENTS NETS DES INSTALLATIONS GEOTHERMIQUES	103
9.6.	SYNTHESE DES GISEMENTS NETS POUR LES INSTALLATIONS GEOTHERMIQUES	106
9.7.	LES GISEMENTS PLAUSIBLES DES FILIERES GEOTHERMIQUES	107
9.1.	TABLEAU RECAPITULATIF GENERAL POUR LA GEOTHERMIE	109
10.	L'AEROTHERMIE	110
10.1.	LE GISEMENT NET DES INSTALLATIONS AEROTHERMIQUES	110
10.2.	SYNTHESE DES GISEMENTS NETS POUR LES INSTALLATIONS AEROTHERMIQUES	111
10.3.	LES GISEMENTS PLAUSIBLES DES FILIERES AEROTHERMIQUES	112
10.4.	TABLEAU RECAPITULATIF GENERAL POUR L'AEROTHERMIE	113
11.	L'EOLIEN	114
11.1.	LE GISEMENT EOLIEN	114
11.2.	LE POTENTIEL PLAUSIBLE POUR DES PARCS EOLIENS	115
12.	L'HYDROELECTRICITE	116
12.1.	LES GISEMENTS NETS POUR L'HYDROELECTRICITE	116
12.2.	LES GISEMENTS PLAUSIBLES EN HYDROELECTRICITE	116
13.	LA VALORISATION DES DECHETS	117

13.1. LES GISEMENTS NETS	117
13.2. LES GISEMENTS PLAUSIBLES POUR LA VALORISATION DES DECHETS	117
14. LES FILIERES INNOVANTES	117
14.1. LA RECUPERATION DE LA THERMIE DES EAUX USEES	117
14.2. L'ENERGIE DE LA MER	130
15. SYNTHESE DES GISEMENTS NETS	136
16. SYNTHESE DES GISEMENTS NETS	137
17. SYNTHESE DES POTENTIELS PLAUSIBLES EN 2020 (HORS AGRO-CARBURANTS)	138
18. SYNTHESE DES POTENTIELS PLAUSIBLES EN 2050 (HORS AGRO-CARBURANTS)	140
19. PROPOSITION D'UN MIX ENERGETIQUE	142
19.1. RAPPEL DE LA PRODUCTION TOTALE DES ENRS A FIN 2009 (AVEC LES AGRO-CARBURANTS)	142
19.2. REPARTITION DE LA PRODUCTION TOTALE DES ENRS EN 2020 (AVEC LES AGRO-CARBURANTS)	143
19.3. PERSPECTIVE DE DEVELOPPEMENT DES FILIERES A L'HORIZON 2020	144
19.4. REPARTITION DE LA PRODUCTION TOTALE DES ENRS EN 2050 (AVEC LES AGRO-CARBURANTS)	145
20. CONCLUSION	145
ANNEXE	146
A.1 REJETS DE CO2 EVITES PAR LES FILIERES ENERGIES RENOUVELABLES	147
A.2 HYPOTHESES DE CALCULS	149

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)	69
Figure 9. Relations entre disponibilités brutes, nettes et supplémentaires (IFN, FCBA, Solagro).....	69
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).....	117
Figure 15. Principe de fonctionnement de la récupération de chaleur des eaux usées sur les canalisations (Source : Susanne Staubli).....	118
Figure 16. Canalisation préfabriquée avec échangeur de chaleur intégré	118
Figure 17. Échangeur installé dans un ovoïde existant (Procédé Rabtherm), échangeur pour collecteur existant (Procédé Uhrig).....	119
Figure 18. Schéma de principe de la récupération de chaleur sur eaux usées au niveau du bâtiment	124
Carte 1. Ensoleillement moyen annuel sur la région Nord-Pas-de-Calais [kWh/m ² .an].....	30
Carte 2. Ensoleillement moyen en décembre sur la région Nord-Pas-de-Calais [Wh/m ² .jour]	31
Carte 3. Ensoleillement moyen en juillet sur la région Nord-Pas-de-Calais [Wh/m ² .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)	66
Carte 6. Régions forestières du Nord et principales caractéristiques (IFN).....	67
Carte 7. Régions forestières du Pas de Calais et principales caractéristiques (IFN).....	68
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/m ²] (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/m ²].....	114
Carte 17. Secteurs favorables au développement éolien (DREAL Nord-Pas-De-Calais / Bocage / Burgeap- juin 2010).....	115
Carte 18. Gisement net pour des installations de production hydroélectrique (ISL - Evaluation du potentiel hydroélectrique des districts Escaut et Sambre - 2008)	116

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	54
Tableau 20 : Gisement net des installations photovoltaïques sur les maisons.....	55
Tableau 21 : Gisement net pour les installations photovoltaïques sur les immeubles existants.....	56
Tableau 22 : Gisement net pour les installations photovoltaïques sur les immeubles neufs	57
Tableau 23 : Gisement net pour les installations photovoltaïques sur les grands bâtiments existants.....	58
Tableau 24 : Gisement net pour les installations photovoltaïques sur les grands bâtiments neufs	59
Tableau 25. Disponibilité brute forestière par type de produit (IFN, FCBA, Solagro)	70
Tableau 26. Disponibilité populicole brute par type de produit sur la période 2006-2020 (IFN, FCBA, Solagro)	70
Tableau 27. Disponibilité brute annuelle en haies par type de produit (IFN, FCBA, Solagro).....	70
Tableau 28. Disponibilités technico-économique nettes par type de peuplement (IFN, FCBA, Solagro).....	71
Tableau 29. Disponibilité supplémentaire par type de ressource (IFN, FCBA, Solagro)	71
Tableau 30. Entreprises de la filière bois dans le Nord-Pas de Calais (CCI).....	73
Tableau 31. Gisement brut de bois énergie par type de ressource	74
Tableau 32 : Gisement net pour les équipements de poêles et inserts	75
Tableau 33 : Temps de retour sur investissement des chaudières automatiques au bois dans l'habitat	76
Tableau 34 : Gisement net pour les chaudières automatiques au bois dans les maisons	77
Tableau 35 : Gisement global pour les installations de bois-énergie sur une partie des bâtiments collectifs	78
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	120
Tableau 50. Contraintes et recommandations sur les canalisations d'eaux usées	121
Tableau 51 : Gisement net pour la récupération de chaleur des eaux usées sur le parc de logements collectifs privés existants	128
Tableau 52 : Gisement net pour la récupération de chaleur des eaux usées sur le parc de logements collectifs publics existants	128
Tableau 53. Gisement net pour les installations de récupération de chaleur des eaux usées sur le parc de logements neufs.....	129

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 (m ²)	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

Sources ADEME

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 (m ²)	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

Source : DREAL

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. (source : DREAL)

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 1999¹ 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 51 chaufferies bois collectives sur la région, pour une puissance totale de 51 098 kW et une production annuelle de 239 470 MWh/an.

A noter que la consommation de bois annuelle et la quantité présente sur le territoire laisse présager qu'une partie de ce bois ne provient pas du Nord-Pas de Calais mais probablement des territoires voisins.

1.5. ÉOLIEN

La région compte dix-neuf parcs éoliens (soit environ 160 éoliennes), d'une puissance totale de 299,4 MW et produisant annuellement 748 375 MWh. (source :DREAL)

1.6. METHANISATION

17 installations de méthanisation sont actuellement en fonctionnement (source : DREAL). 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 et bio-déchets),
- 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 sept

¹ 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 ».

installations sur lesquelles nous avons une information de production cumulent un total de 62 659 MWh/an de production thermique et 9 574 MWh/an de production électrique : 4 installations valorisent le biogaz uniquement en chaleur, 2 installations valorisent le biogaz uniquement en électricité et une seule installation valorise le biogaz en électricité et en chaleur.

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 414MWh.

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 six usines d'incinération des ordures ménagères avec valorisation énergétique sur la région Nord-Pas-de-Calais.

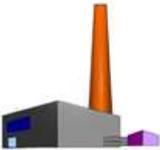
Selon la législation européenne, l'incinération des déchets est reconnue comme source renouvelable à 50%, étant donné que seule la moitié des déchets ménagers est issue de ressources renouvelables (le reste étant souvent des emballages plastiques ou d'autres produits dérivés du pétrole).

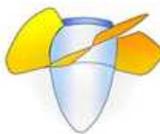
Ainsi, ces usines produisent 195 727 MWh/an d'électricité renouvelable et 24 077 MWh/an de chaleur renouvelable.

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 aérothermiques et géothermiques est estimée et toutes les installations de méthanisation ne sont pas intégrées au bilan. Les rejets de CO₂ sont calculés conformément aux hypothèses explicitées en annexe.

Bilan des énergies renouvelables 2009		Nord-Pas-De-Calais
PRODUCTION DE CHALEUR	Solaire thermique nb installations nombre de m ² production annuelle (MWh/an) équivalent tep/an rejet de CO ₂ évité (tCO ₂ /an)	 1 663 16 449 m ² 6 479 MWh/an 557 238
	Bois énergie nb installations puissance installée (kW) tonne de bois valorisés par an production annuelle (MWh/an) équivalent tep/an rejet de CO ₂ évité (tCO ₂ /an)	 51 51 098 kW 70 432 t 239 470 MWh/an 20 594 64 657
	Poêles Cheminées (Estimation) tonne de bois valorisés par an production annuelle (MWh/an) équivalent tep/an rejet de CO ₂ évité (tCO ₂ /an)	 525 018 1 941 496 MWh/an 166 969 524 204
	Géothermie (estimation, non exhaustive) nb installations production annuelle (MWh/an) équivalent tep/an rejet de CO ₂ évité (tCO ₂ /an)	 8 861 112 414 MWh/an 9668 30 352
	Biogaz (non exhaustif) nb de site production de chaleur (MWh/an) équivalent tep/an rejet de CO ₂ évité (tCO ₂ /an)	 5 62 659 MWh/an 5 389 16 918
	Incinération nb de site production de chaleur (MWh/an) équivalent tep/an rejet de CO ₂ évité (tCO ₂ /an)	 1 24 077 MWh/an 2 071 6 501
	Aérothermie nb installations production annuelle (MWh/an) équivalent tep/an rejet de CO ₂ évité (tCO ₂ /an)	 21 690 260 280 MWh/an 22 384 70 276
	TOTAL PRODUCTION THERMIQUE (MWh/an) production annuelle thermique (MWh/an) équivalent tep/an rejet de CO ₂ évité (tCO ₂ /an)	2 646 875 MWh/an 227 631 713 145

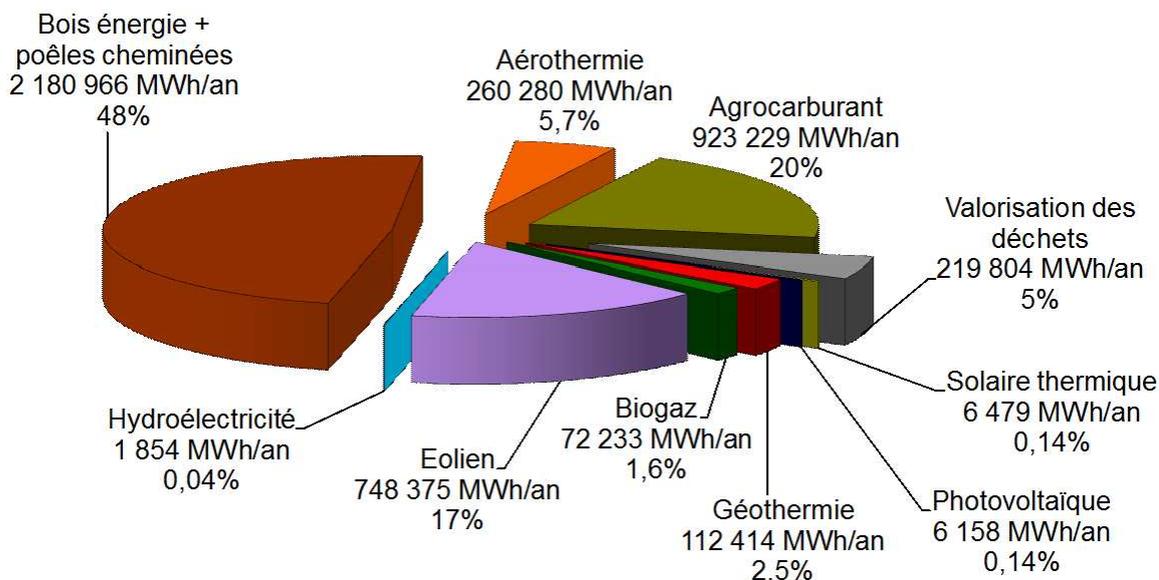
PRODUCTION D'ELECTRICITE	Hydroélectricité nb installations puissance installée (kW) production annuelle (MWh/an) équivalent tep/an rejet de CO ₂ évité (tCO ₂ /an)		5 354 kW 1 854 MWh/an 159 556
	Photovoltaïque nb installations nombre de m ² puissance installée (kWc) production annuelle (MWh/an) équivalent tep/an rejet de CO ₂ évité (tCO ₂ /an)		1311 58 652 m ² 7 038 kWc 6 158 MWh/an 530 1 848
	Eolien nb de parc éolien puissance installée (kW) production annuelle (MWh/an) équivalent tep/an rejet de CO ₂ évité (tCO ₂ /an)		19 299 350 748 375 MWh/an 64 360 224 513
	Biogaz (non exhaustif) nb de site production d'électricité (MWh/an) équivalent tep/an rejet de CO ₂ évité (tCO ₂ /an)		3 9 574 MWh/an 823 2 872
	Incinération nb de site production d'électricité (MWh/an) équivalent tep/an rejet de CO ₂ évité (tCO ₂ /an)		6 195 727 MWh/an 16 833 58 718
	TOTAL PRODUCTION ELECTRIQUE (MWh/an) production annuelle électrique (MWh/an) équivalent tep/an rejet de CO ₂ évité (tCO ₂ /an)		961 688 MWh/an 82 705 288 507
	Agrocarburant Production annuelle (MWh/an) équivalent tep/an		923 229 MWh/an 79 398
TOTAL TOUTES ENERGIES RENOUVELABLES production annuelle (MWh/an) équivalent tep/an rejet de CO ₂ évité (tCO ₂ /an)		4 531 792 MWh/an 389 734 1 001 652	

Voir en annexe les hypothèses sur les rejets de CO₂ 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 2,88%.

Objectifs retenus lors du Grenelle de l'environnement	Situation de la Région Nord-Pas-de-Calais 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 23% d'ici 2020.	La part des énergies renouvelables sur la consommation totale est de 2,88% .	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^{ème} 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'ENERGIES RENEUVELABLES

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.),

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'appliquer². 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 sociaux³ 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.

² 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.

³ 198 000 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.

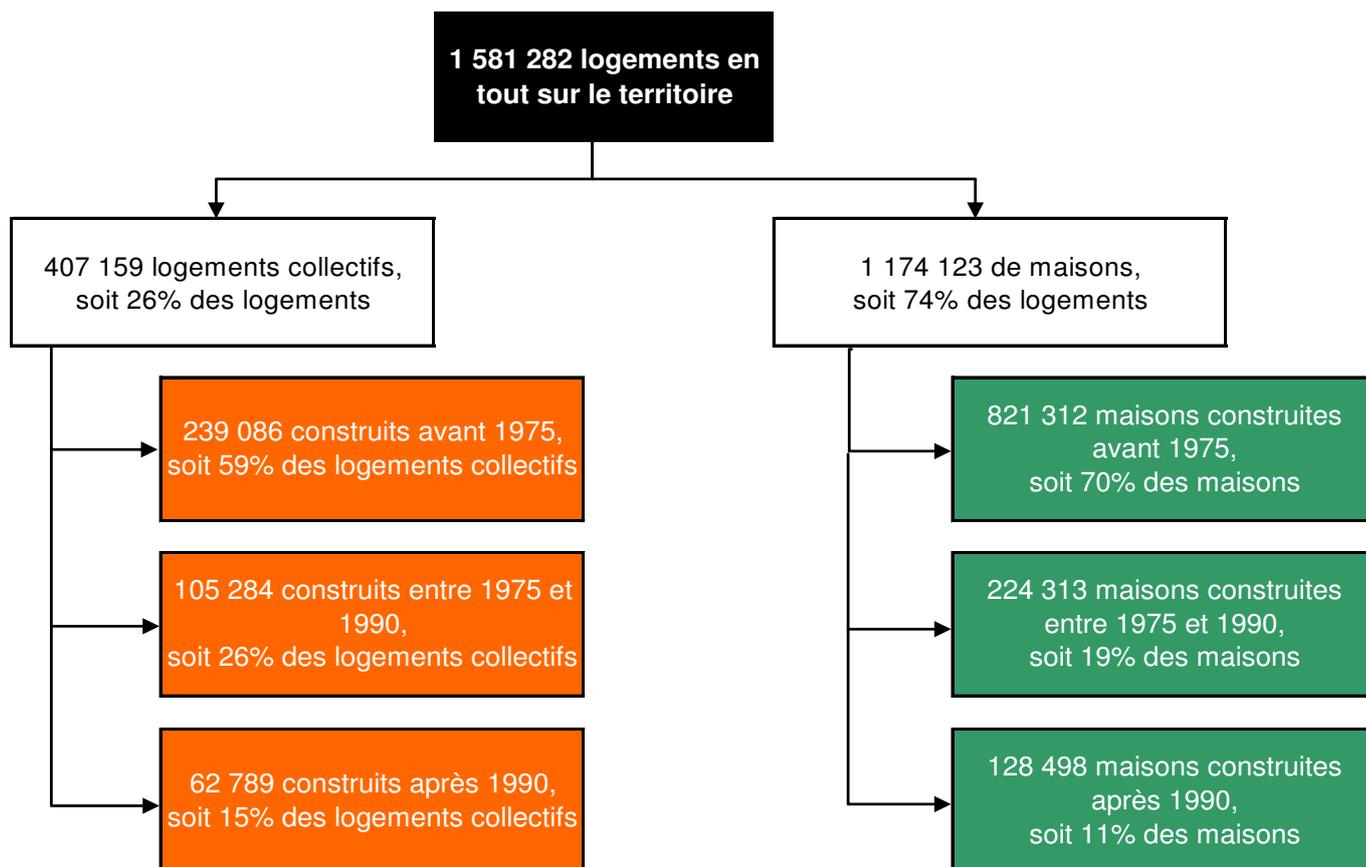


Figure 1. Répartition des logements par type (Insee, RP 2006)

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.

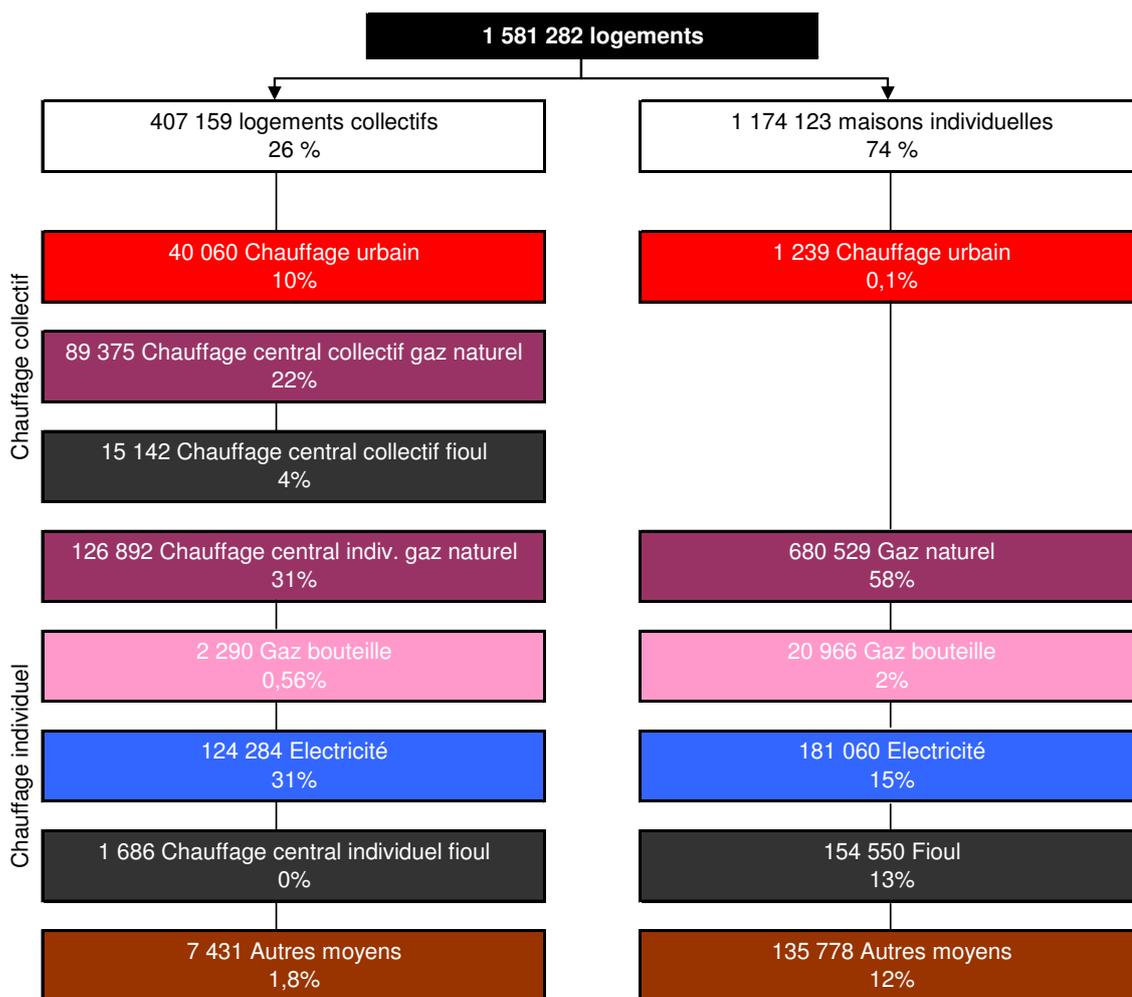
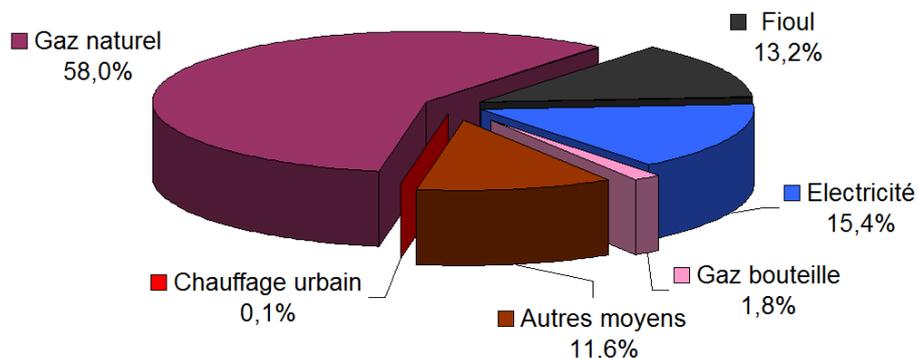


Figure 2. Mode de chauffage des logements du Nord-Pas-de-Calais (Insee, RP 2006)

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

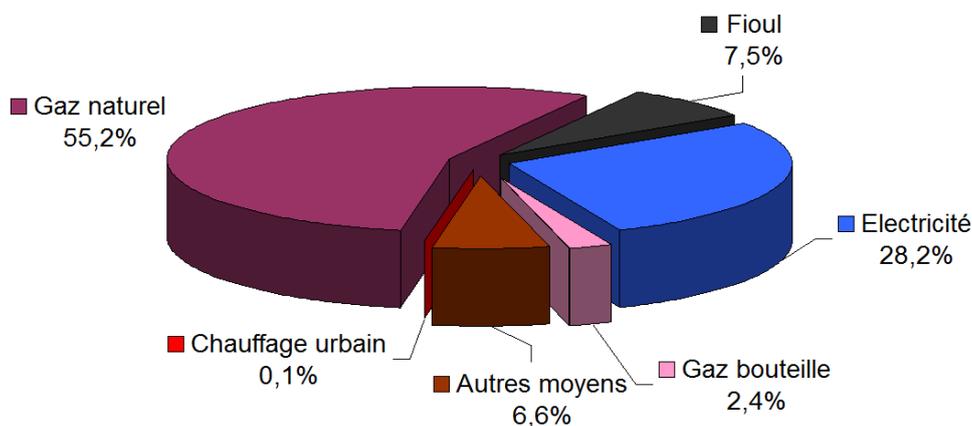


Insee : RP2006

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

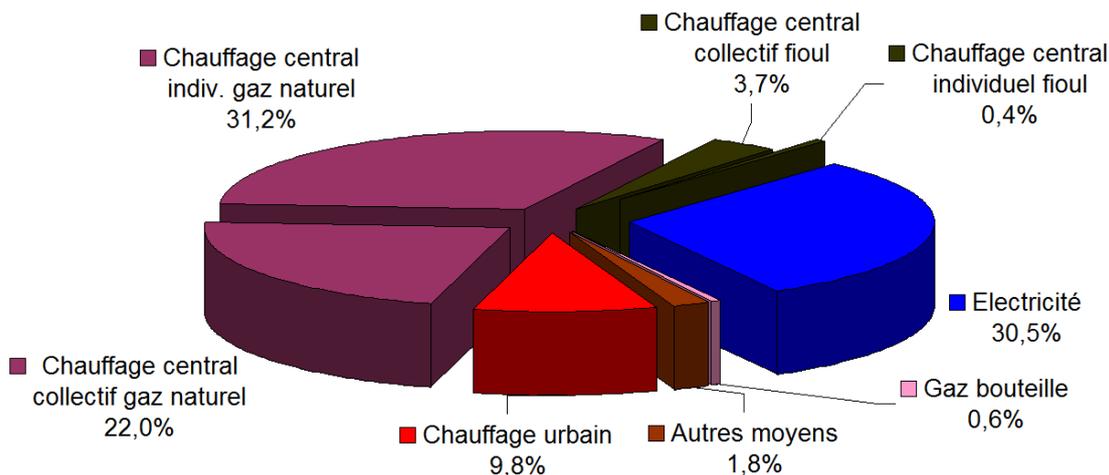


Insee : RP2006

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

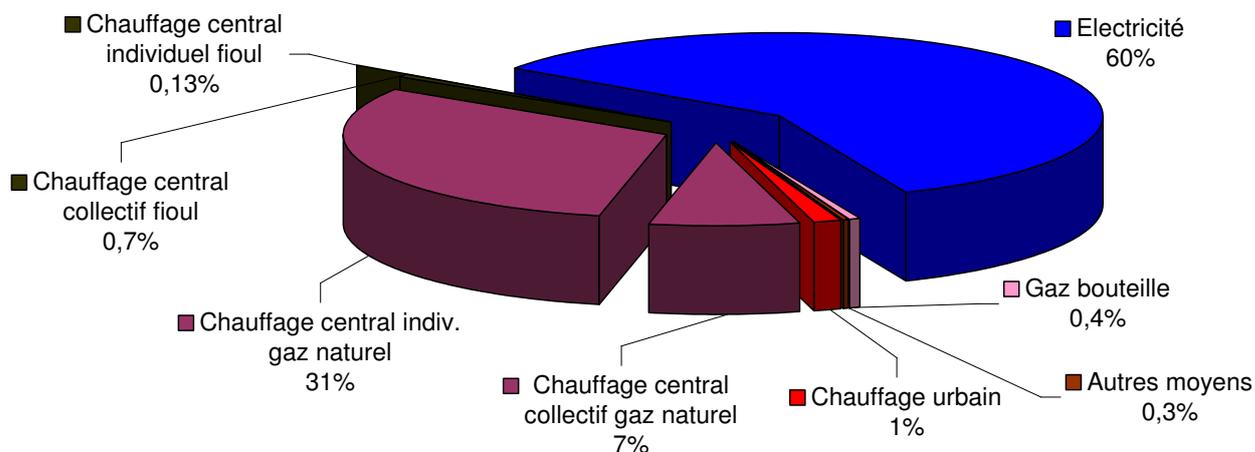


Insee : RP2006

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



ee : RP2006

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

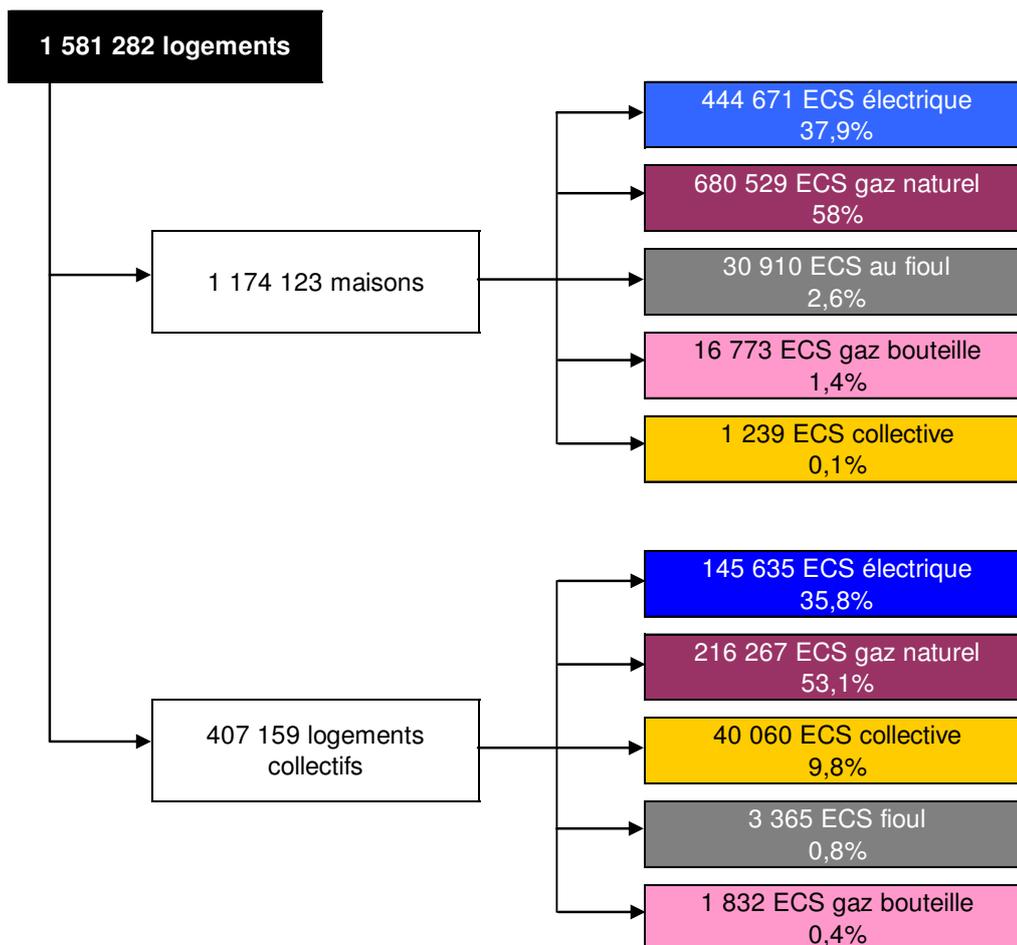
Le mode de chauffage de l'eau chaude sanitaire n'est pas une donnée disponible dans le recensement de la population de l'INSEE. Seule l'énergie de chauffage est connue ; il nous faut donc prendre une hypothèse dans la mesure où cette énergie n'est pas nécessairement la même que pour le chauffage du logement.

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 m² sont placés dans la catégorie 'Maison' (cette valeur qui paraît importante pour une sélection des maisons, ne l'est pas compte tenu du regroupement des maisons dans un seul polygone, prendre une valeur inférieure 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 m².



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 m².



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 m².



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 m².

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 m².

**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 m².

SERRE

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



Regroupement : Jardinerie, Serre

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

Modélisation : Les serres situées à moins de 3 m les unes des autres sont modélisées par un seul objet englobant l'ensemble des serres en s'appuyant au maximum sur leurs contours. De plus, les serres de type tunnels (en plastique) sont bien sur comptabilisées dans les surfaces totales, nous avons donc divisé par deux la surface afin de refléter les toitures réellement exploitables pour des installations solaires. La surface totale des serres totalise 1 161 766 m² de toiture.

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

Bâtiment	Surface (m ²)	% du total
Maison	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%
	300 080 996	100%

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

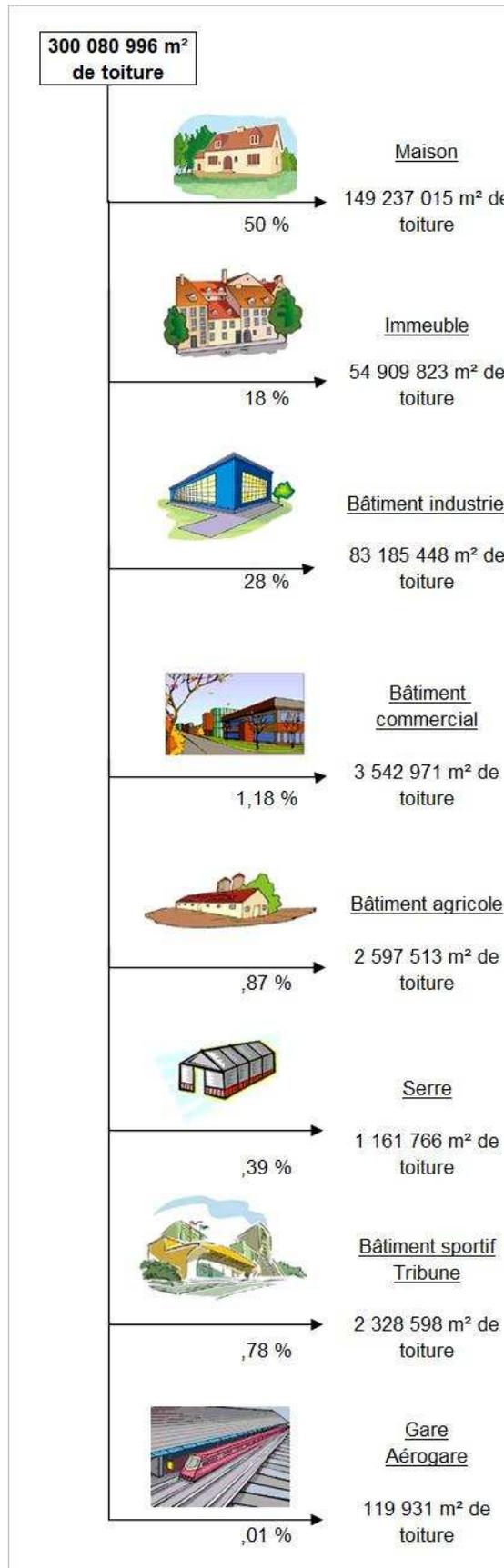


Figure 6 : Répartition des surfaces de toiture par type de bâtiment et de toiture

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

Total annuel : 1008 kWh/m².an

Sources : ensoleillement - Helioclim1 / températures - Météonorm

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

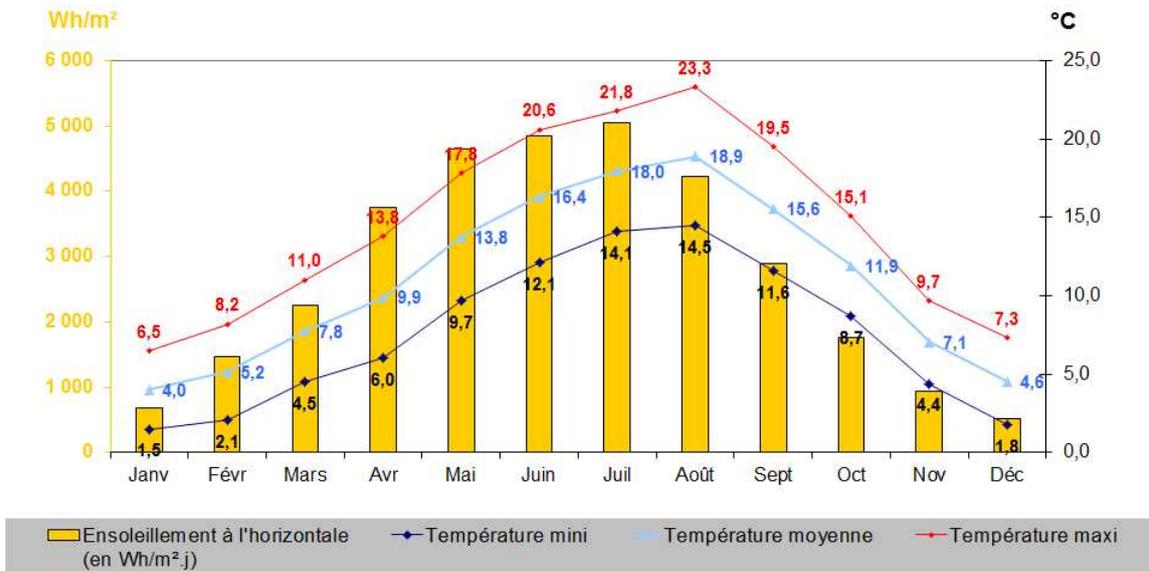
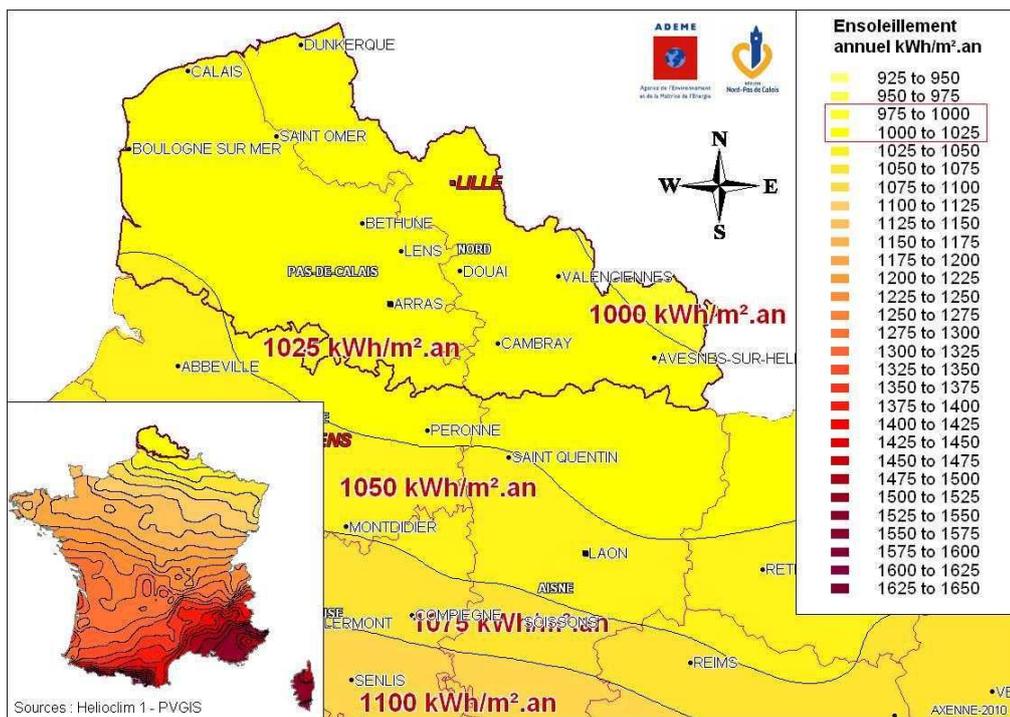


Figure 7. Courbes mensuelles de température et ensoleillement à Lille

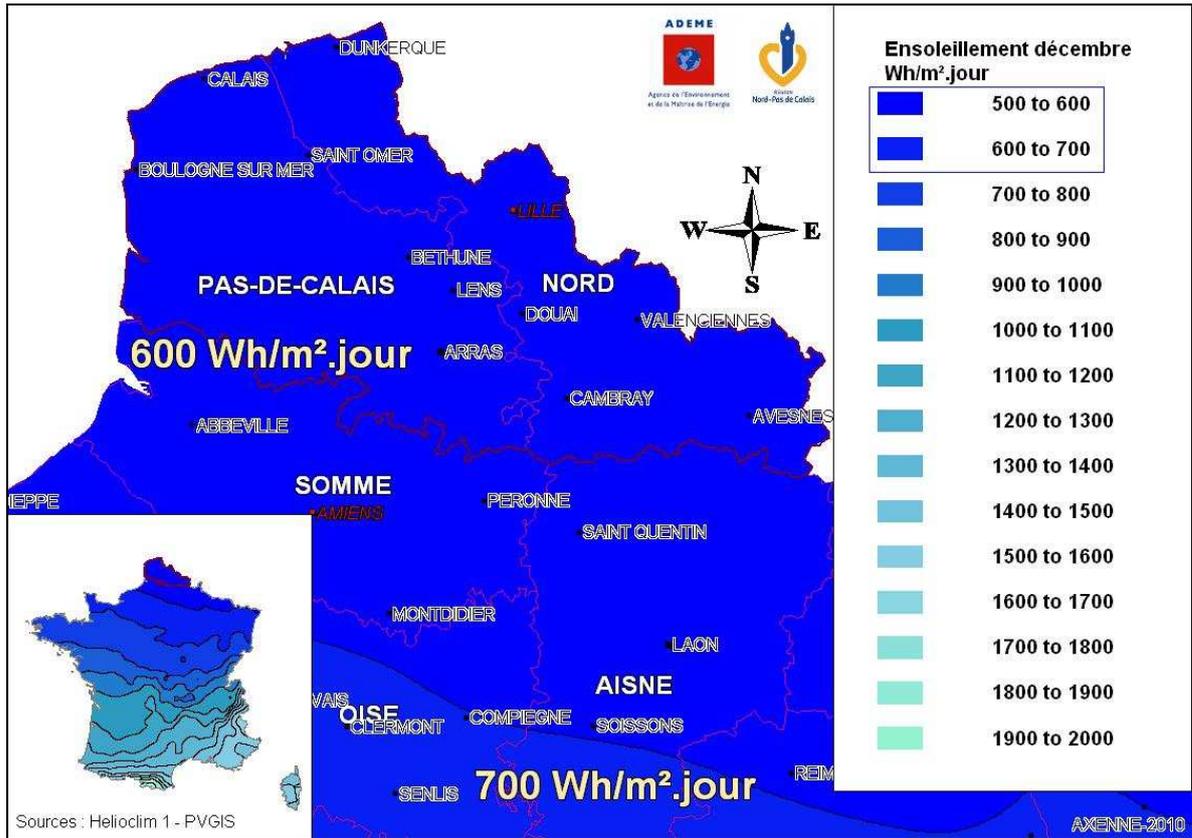
▪ **Cartographie de l'ensoleillement**

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.

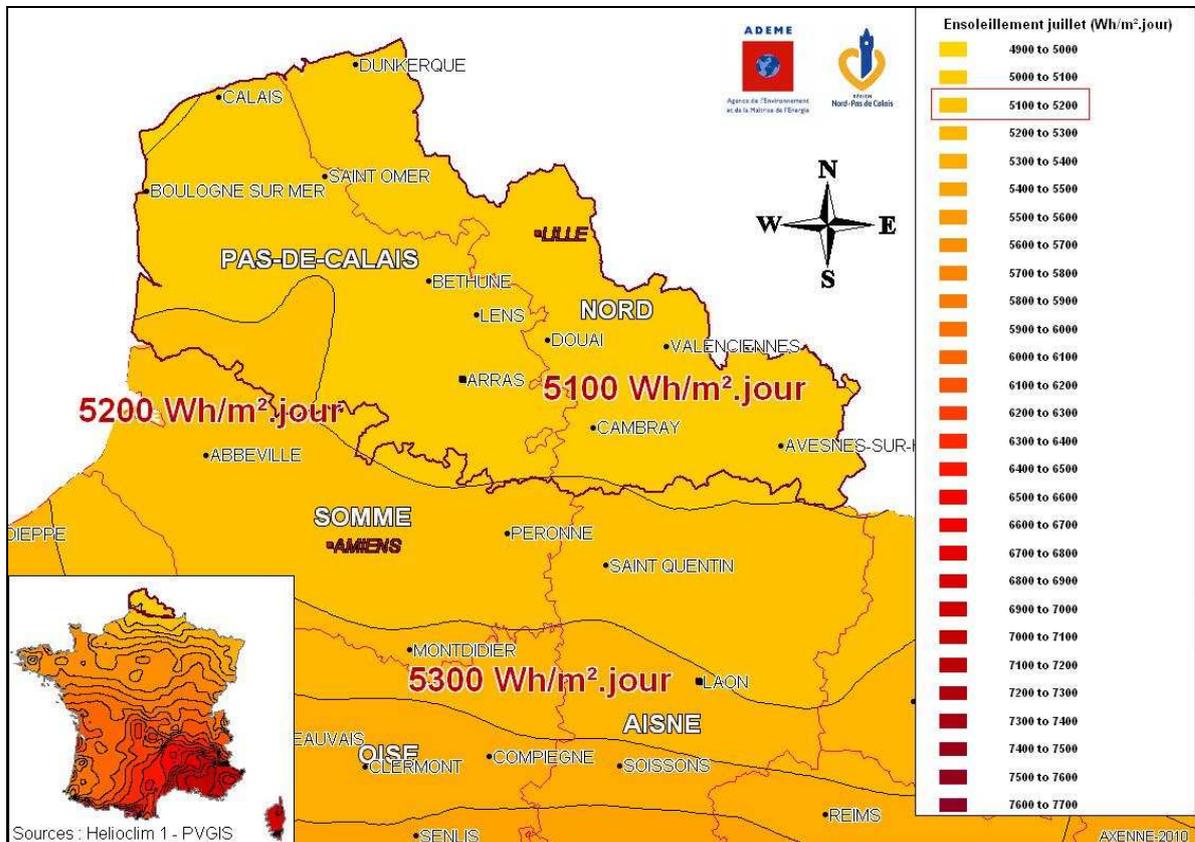
Attention ! la carte d'ensoleillement annuel est présentée avec une légende exprimée en kWh/m².an tandis que les deux cartes mensuelles du mois de décembre et juillet sont présentées avec une légende exprimée en Wh/m².jour.



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/m².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 m² 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/m².

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

Caractéristiques de l'installation :

- 40 m² 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/m².

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 : PVSYSY)

Caractéristiques de l'installation :

- 27 m² 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 : PVSYSY)

Caractéristiques de l'installation :

- 2 300 m² 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

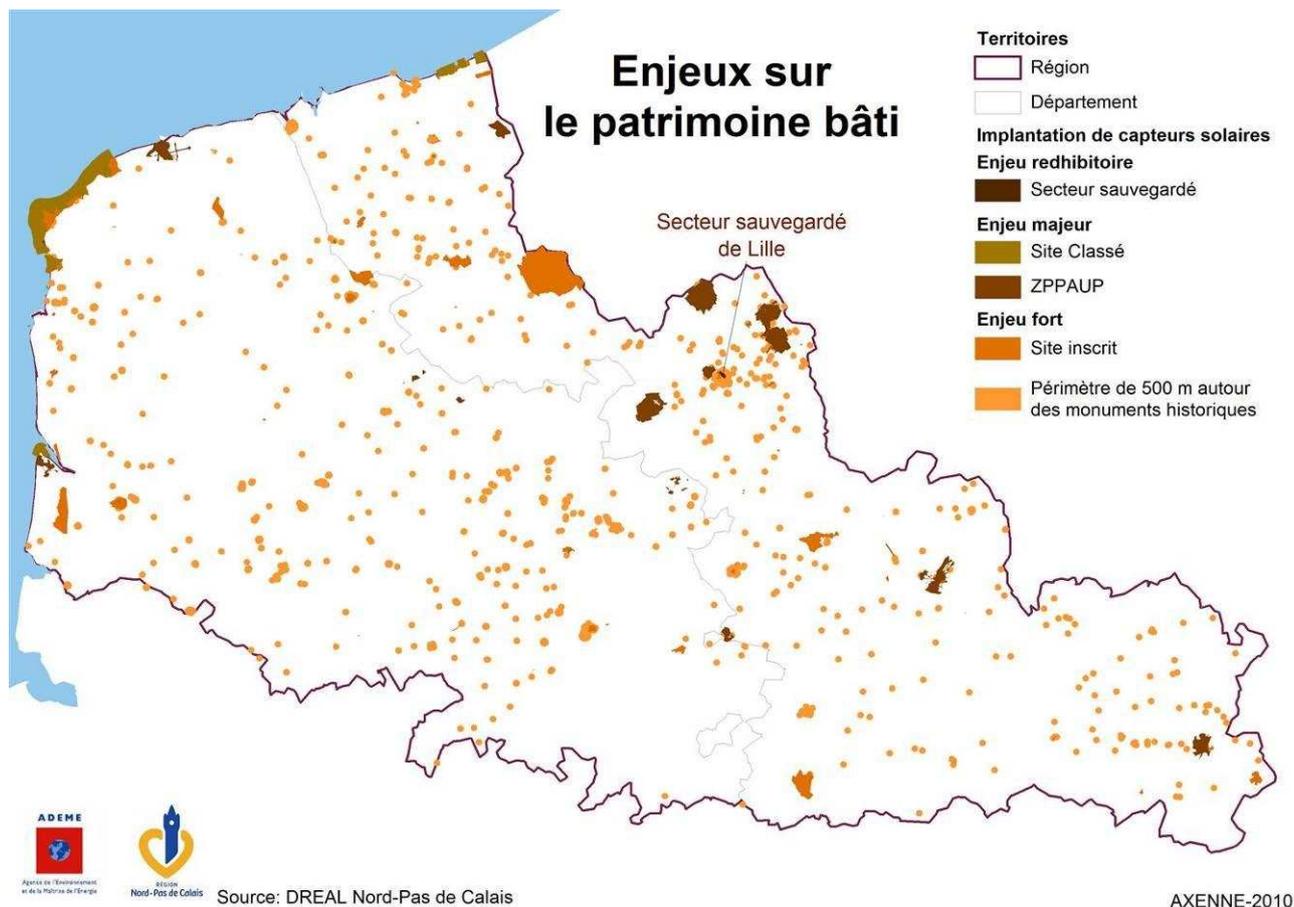
L'implantation d'un champ solaire est envisageable dans le périmètre de protection autour d'un édifice protégé, sous réserve d'étudier précisément les perceptions du champ solaire depuis les édifices et d'effectuer un examen des covisibilités de l'édifice et du champ solaire depuis différents points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



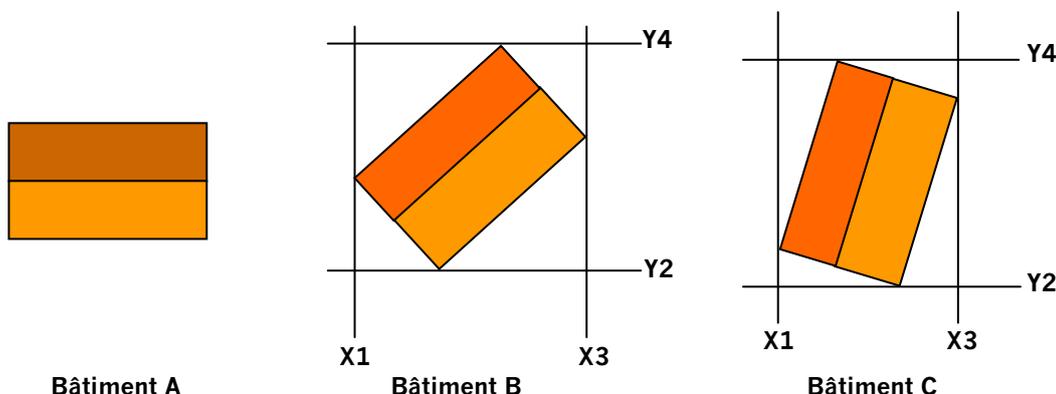
Carte 4. les enjeux du patrimoine bâti pour les installations solaires (thermiques et photovoltaïques)

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 ²)	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 GISEMENTS 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 :

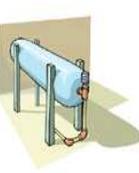
CHAUFFE-EAU SOLAIRE POUR LES MAISONS INDIVIDUELLES				
Energie substituée	Gaz naturel	Fioul	Propane	Elec HC
Temps de retour investisseur (ans)	22	18	10	16
Rejet de CO ₂ évité (kg/an)	378	499	476	78

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 (4% pour les énergies fossiles et 2% pour l'électricité) et de l'inflation (1,7%). Ils ont été calculés pour une installation solaire thermique de 5,0 m² sur une habitation neuve (donc avec un taux de TVA à 19,6%). Le crédit d'impôt est bien sûr pris en compte (à hauteur de 50%) tout comme les subventions de la Région à hauteur de 1 200 € (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) :

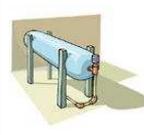
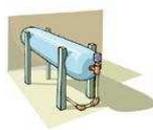
	CHAUFFE-EAU SOLAIRE INDIVIDUEL DANS L'HABITAT EXISTANT				
	Nombre total de Maisons (cible totale)	444 671	16 773	680 529	30 910
	Energie utilisée pour l'eau chaude sanitaire	ECS électrique	ECS gaz bouteille	ECS gaz naturel	ECS au fioul
x 69% x 49%	Gisement net CESI (nb d'installations)	149 439	5 637	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

x 69% x 49%

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) :

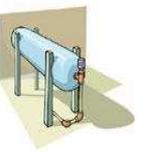
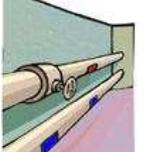
SYSTEME SOLAIRE COMBINE POUR LES MAISONS INDIVIDUELLES					
Energie substituée	Gaz naturel	Fioul	Propane	Electricité	Réseau de chaleur
Temps de retour investisseur (ans)	18	14	10	10	15
Rejet de CO ₂ évité (kg/an)	1 312	1 831	1 561	3 200	1 324

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 m². Le crédit d'impôt est bien sûr pris en compte tout comme les subventions de la Région (le temps de retour étant beaucoup plus important sinon).

6.5.2.2. Considérations techniques

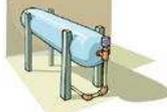
Pour les maisons existantes, les maisons chauffées au gaz naturel, de même que les quelques maisons alimentées par le chauffage urbain et celles chauffées à l'électricité, ne sont pas prises en compte. Seules les maisons équipées d'un système de chauffage au gaz propane ou au fioul seront prises en compte. 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) :

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

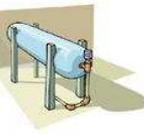
$x 69\%$
 $x 31\% \times 50\%$

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.

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

x 69%
x 31%

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 :

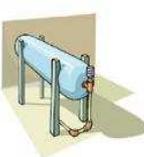
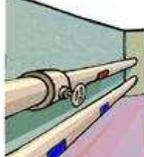
CHAUFFE-EAU SOLAIRE COLLECTIF					
Energie substituée	Gaz naturel	Fuel	Propane	Electricité	Réseau chaleur
Temps de retour investisseur (ans)	16	15	18	18	17
Rejet de CO ₂ évité (kg/an)	8 405	11 728	9 471	20 500	8 482
% subvention (fonds Chaleur)	69%	80%	23%	35%	47%

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

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

x 2 m²/logement
x 42%

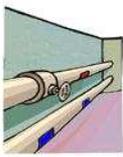
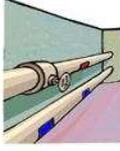
CHAUFFE-EAU SOLAIRE COLLECTIF DANS LES LOGEMENTS PRIVES EXISTANTS			
Nombre total de logements	9 001	38 361	8 056
Energie utilisée pour l'eau chaude sanitaire	Collectif Fioul	Collectif Gaz nat.	Réseau de chaleur
Gisement net pour les chauffe-eau solaire collectifs (nb de m ²)	7 616	32 459	6 817
Gisement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

CHAUFFE-EAU SOLAIRE COLLECTIF DANS LES LOGEMENTS HLM EXISTANTS			
	Nombre total de logements	6 140	51 013
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 m²)	5 196 m²	43 165 m²	27 080 m²
Gisement net CESC (nb d'installations)	55	454	285


x 2 m²/logement x 42%


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.

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
Gisement net annuel pour les chauffe-eau solaire collectifs (nb de m²)	1 038 m²/an	1 993 m²/an
Gisement net annuel pour les chauffe-eau solaire collectifs (nb d'installations)	26/an	50/an


x 2 m² par logement x 42%


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 (m ²)	60 m ²	100 m ²	40 m ²
Gisement net surface installée (m ²)	21 628 m ²	28 304 m ²	31 810 m ²
Gisement net (nb d'installations)	360	283	795

x 42%

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 (hopitaux, 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 (m ²)	100 m ²	35 m ²	100 m ²	20 m ²
Gisement net surface installée (m ²)	1 848 m ²	1 205 m ²	860 m ²	2 789 m ²
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 (surface >200)
nb de bassins (cible totale)	128
Gisement global pour les moquettes solaires (nb de m ²)	12 019
Gisement net annuel surface installée (m ²) (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 (cible totale)	554
Gisement net (nb d'installations)	42

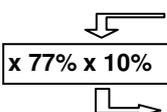


Tableau 18 : Gisement net pour le solaire thermique dans l'industrie

6.5.6. Synthèse des gisements nets des filières solaires thermiques

Le premier tableau à la page suivante présente la synthèse des gisements nets présentés précédemment. Le second tableau présente les mêmes synthèses sans tenir compte de la capacité financière des maîtres d'ouvrages. On peut considérer ici qu'il s'agit d'un gisement net « ultime », soit, par exemple, la totalité des surfaces de toitures qui peuvent être équipées, ou le nombre total de maisons pouvant accueillir une chaudière automatique au bois si on ne tient compte que des faisabilité techniques (ombres portées, orientation des bâtiments, adaptation technique, etc.) et des contraintes patrimoniales.

Nous rappelons que la capacité financière des ménages a été estimée pour deux catégories de projets :

- les petites installations (poêle à bois, chauffe-eau solaire individuel, etc.), dont le montant n'excède pas 10 000 euros,
- les grandes installations (chaudière automatique au bois, installation photovoltaïque, etc.).

Nous n'en avons pas tenu compte dans les immeubles neufs, puisqu'ici, c'est le promoteur qui décide et non le propriétaire du logement. Sur les immeubles existants, rapporté aux logements, les montants mis en jeu sont moins importants et il s'agit d'une décision collective prise en assemblée générale des copropriétaires, plus qu'une démarche individuelle. Cette variable ne touche donc que les maisons.

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.

6.5.7. Synthèse des gisements nets des filières solaires thermiques

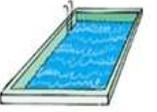
INSTALLATIONS SOLAIRES THERMIQUES GISEMENTS NETS HORS CONTRAINTES (patrimoniales et techniques)								TOTAL
								CHAUFFE-EAU SOLAIRE INDIVIDUEL*
dans l'existant	nombre :	394 166	18 658	1 288	1 439	123	42	415 717
	surface totale* :	1 773 749 m ²	223 902 m ²	122 332 m ²	81 741 m ²	11 410 m ²	2 125 m ²	2 215 259 m ²
	MWh/an :	665 156	89 561	51 624	40 870	3 423	1 594	852 228 MWh/an
sur le neuf par an	nombre :	2 686	1 586	35	201			4 508
	surface totale* :	12 089 m ²	19 038 m ²	3 284 m ²	6 702 m ²			41 112 m ²
	MWh/an :	4 533	7 615	1 386	3 351			16 885 MWh/an

* 4,5 m² par installation pour un chauffe-eau solaire

Sources : AXENNE

** 12 m² par installation pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire*** 95 m² 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 THERMIQUES GISEMENTS NETS HORS CONTRAINTES (patrimoniales et techniques)								TOTAL
								CHAUFFE-EAU SOLAIRE INDIVIDUEL*
dans l'existant	nombre :	804 421	60 189	1 288	1 439	123	42	867 502
	surface totale* :	3 619 896 m ²	722 264 m ²	122 332 m ²	81 741 m ²	11 410 m ²	2 125 m ²	4 559 768 m ²
	MWh/an :	1 357 461	288 906	51 624	40 870	3 423	1 594	1 743 878 MWh/an
sur le neuf par an	nombre :	5 482	5 118	35	201			10 836
	surface totale* :	24 670 m ²	61 412 m ²	3 284 m ²	6 702 m ²			96 068 m ²
	MWh/an :	9 251	24 565	1 386	3 351			38 553 MWh/an

* 4,5 m² par installation pour un chauffe-eau solaire

Sources : AXENNE

** 12 m² par installation pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire*** 95 m² par installation en moyenne pour l'eau chaude solaire collective

6.6. LES GISEMENTS PLAUSIBLES DES FILIERES SOLAIRES THERMIQUES

Pour l'évaluation des gisements plausibles nous repartons du gisement net qui ne tient pas compte de la capacité financière des maîtres d'ouvrages. Nous déterminons un pourcentage plausible de ce gisement net qui est expliqué dans les pages suivantes.

La filière solaire thermique devrait se développer fortement à l'avenir sur les bâtiments neufs. En effet, la réglementation thermique imposant des valeurs de consommation au m² (chauffage, ventilation, éclairage et eau chaude sanitaire) de plus en plus contraignantes⁴, le recours au solaire thermique permet un gain important sur le bilan global et sera même obligatoire si l'on souhaite atteindre la valeur inférieure à 65 kWhep/m².an (pour la région Nord-Pas-de-Calais).



Seules les installations de type système solaire combiné⁵, avec une surface très importante, de l'ordre de 20 m² pour une maison, ne devraient plus voir le jour sur les maisons neuves puisque celles-ci n'auront plus vraiment besoin de chauffage (la surface devra en tout cas fortement baisser pour arriver à couvrir des besoins de chaleur plus faibles).

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

	nb total fin 2009	S totale 2009 (m ²)	nb total en 2009 seulement	nb/an sur l'existant jusqu'en 2020	% du gisement sur l'existant en 2020	% du gisement en 2020	% du gisement en 2050	nb total sur le neuf à fin 2020
CESI	1227	7 984	250	1455	2%	59%	36%	38 688
SSC	375	3 972	130	109	2%	2%	1%	1 002
CESC sur les logements privés	17	765	5	2	5%	86%	45%	117
CESC sur les logements HLM	34	1 162	9	15	20%	87%	45%	235
CESC hors habitat	6	76	5	5	3%	84%	45%	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 2020 et fin 2050 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.

⁴ 65kWhep/m².an pour le label BBC dans les Ardennes

⁵ 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, 2,0% en 2020 et 5,0% en 2050. Cela porterait le total à 16000 installations en 2020, soit une progression annuelle de 26% (40000 installations en 2050). 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, 80% des maisons identifiées dans les gisements nets (soit environ 50 % des maisons neuves) optent pour un chauffe-eau solaire et le ratio atteint 100 % en 2020 et reste à 100% jusqu'en 2050.

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, 2,0% en 2020 et 6,6% en 2050. Cela porterait au total à 1200 installations en 2020, soit une progression annuelle de 11% (4000 installations en 2050). 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, 5,0% en 2020 et 20% en 2050. Cela porterait le total à 25 installations en 2020, soit une progression annuelle de 3% (100 installations en 2050). 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, 20% en 2020 et 63% en 2050. Cela porterait le total à 160 installations en 2020 soit une progression annuelle de 15% (500 installations en 2050). 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.) et d'atteindre 200 installations au total en 2050. 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.

Solaire thermique neuf :			2009	2020	2050
Nature	Cible_par_ an_neuf	m²/nb	Ratio_equip_ _2009	Ratio_equip_ _2020	Ratio_equip_ _2050
CESI	5 482	6,5	0,46%	100%	100%
SSC	5 118	11	2,29%	0%	0%
CESC sur les logements privés	12	45	13,02%	100%	100%
CESC sur les logements HLM	23	34	19,53%	100%	100%
CESC hors habitat	201	13	1,24%	100%	100%

Nature	Nb instal. 2009	Nb instal. 2020	Nb instal. 2050
CESI	25	5482	1371
SSC	117	0	0
CESC sur les logements privés	2	12	12
CESC sur les logements HLM	5	23	23
CESC hors habitat	3	201	201

Solaire thermique existant :		2009	2015	2020	2030	2050
Nature	Cible totale existante	Ratio_equip_ tot_2009	Ratio_equip_ tot_2015	Ratio_equip_ tot_2020	Ratio_equip_ tot_2030	Ratio_equip_ tot_2050
CESI	804 421	0,2%	0,6%	2,0%	2,7%	5,0%
SSC	60 189	0,6%	1,2%	2,0%	3,0%	6,6%
CESC sur les logements privés	494	3,4%	4,2%	5,0%	8,0%	20%
CESC sur les logements HLM	794	4,3%	10%	20%	29,5%	63%
CESC hors habitat	1 439	0,4%	1,3%	3,5%	5,5%	13,9%
Chauffage de l'eau des piscines	123	0,0%		50,0%	58,5%	80,0%
Industries	42	2,4%	8,4%	24,0%	34,4%	70,6%
		14%			47%	
Nature		Nb instal. tot. 2009	Nb instal. tot. 2015	Nb instal. tot. 2020	Nb instal. tot. 2030	Nb instal. tot. 2050
CESI		1227	4979	16000	21715	40000
SSC		375	707	1200	1793	4000
CESC sur les logements privés		17	21	25	39	100
CESC sur les logements HLM		34	79	160	234	500
CESC hors habitat		6	19	50	79	200
Chauffage de l'eau des piscines		0		62	72	98
Industries		1	4	10	15	30

6.1. TABLEAU RECAPITULATIF GENERAL POUR LA FILIERE SOLAIRE THERMIQUE

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.

2020	Proposition d'un objectif en % du gisement identifié						Réalisation à fin 2009	Réalisation entre 2010 et 2020	Réalisations par an entre 2010 et 2020	Production totale en 2020	t CO ₂ évité /an en 2020	Nb d'emplois liés à la fabric. et l'inst.	Nb d'emplois annuels liés à l'exploit.
	SUR L'EXISTANT			SUR LE NEUF (réalisation par an)									
	%	nb d'inst.	MWh/an	%	nb d'inst.	MWh/an	MWh/an	MWh/an	nb/an	MWh/an	t CO ₂	nb d'emplois	nb d'emplois
Solaire thermique													
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%	30	1 185 MWh/an		14 023	32	1 963	215	2,9	
CESC sur les logements HLM	20%	160	6 414 MWh/an					6 414	15	898	98	1,3	
CESC hors habitat	3%	50	1 420 MWh/an	84%	168	2 799 MWh/an		32 214	172	4 510	417	6,6	
Chauffage de l'eau des piscines	50%	62	1 711 MWh/an					1 711	6	240	37	0,4	
Industries	24%	10	382 MWh/an					382	1	54	3	0,1	
Sous-total solaire thermique :		17 506	43 678 MWh/an		3 517	9 876 MWh/an	6 479	152 311	5 267	158 790	2 445	33	

2050	Proposition d'un objectif en % du gisement identifié						Réalisation à fin 2009	Réalisation entre 2010 et 2050	Réalisations par an entre 2010 et 2050	Production totale en 2050	t CO ₂ évité /an en 2050	Nb d'emplois liés à la fabric. et l'inst.	Nb d'emplois annuels liés à l'exploit.
	SUR L'EXISTANT			SUR LE NEUF (réalisation par an)									
	%	nb d'inst.	MWh/an	%	nb d'inst.	MWh/an	MWh/an	MWh/an	nb/an	MWh/an	t CO ₂	nb d'emplois	nb d'emplois
Solaire thermique													
CESI	5%	40 000	67 500 MWh/an	36%	1 947	3 286 MWh/an		202 214	2 947	28 310	3 492	41,7	
SSC	7%	4 000	19 200 MWh/an	1%	27	131 MWh/an		24 570	125	6 634	398	5,1	
CESC sur les logements privés	20%	100	4 009 MWh/an	45%	16	626 MWh/an		29 661	18	4 153	455	6,1	
CESC sur les logements HLM	63%	500	20 045 MWh/an	45%				20 045	12	2 806	308	4,1	
CESC hors habitat	14%	200	5 681 MWh/an	45%	90	1 494 MWh/an		66 919	94	9 369	867	13,8	
Chauffage de l'eau des piscines	80%	98	2 738 MWh/an					2 738	2	383	59	0,6	
Industries	71%	30	1 125 MWh/an					1 125	1	158	10	0,2	
Sous-total solaire thermique :		44 928	120 299 MWh/an		2 080	5 536 MWh/an	6 479	347 272	3 203	353 751	5 589	73	

Attention !! pour 2050, la colonne « SUR LE NEUF » fait apparaître des chiffres d'installations annuelles plus faibles puisque la dynamique de construction diminue à partir de 2030. Toutefois, la production sur le parc neuf en 2050 n'en reste pas moins bien supérieur à celle de 2020 (colonne « Réalisation entre 2010 et 2050 »).

6.2. LES GISEMENTS NETS DES FILIERES PHOTOVOLTAÏQUES

6.2.1. 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								
	Habitat individuel		Collectivité		Enseignement et santé	Entreprise		
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.

6.2.2. Le photovoltaïque sur les maisons

6.2.2.1. 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 m² le particulier ne pourra plus bénéficier du crédit d'impôt et de la TVA réduite sur les travaux, le gisement en mètre carré est calculé en prenant une surface de 30 m² pour chaque installation.

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

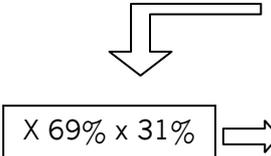
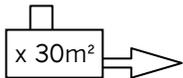
	PHOTOVOLTAÏQUE DANS L'HABITAT INDIVIDUEL EXISTANT	 Toiture inclinée	 Toiture inclinée
	Type d'installation	structure intégrée sur l'existant	structure intégrée sur le neuf par an
	Nombre total de "maisons" (cible totale)	1 174 123	8 000/an
 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">X 69% x 31%</div>	Gisement net pour les installations photovoltaïques (nb d'installations)	805 271	5 487/an
 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">x 30m²</div>	Gisement net (m² 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.

6.2.3. 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 (logements, bureaux, hopitaux, etc.)	Bâtiments sportifs & tribunes
Nombre de m² de toiture (cible totale)		54 909 823	2 328 598
Gisement net (nb m² de toiture exploitable)		9 292 350	850 199
Gisement net pour les installations photovoltaïques (nb d'installations)*		46 500	1 700

*200 m² sur un immeuble, 500 m² sur un bâtiment sportif

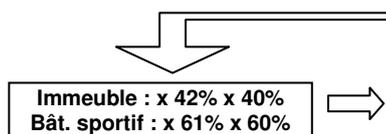


Tableau 21 : Gisement net pour les installations photovoltaïques sur les immeubles existants

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 m² 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.

PHOTOVOLTAÏQUE SUR LES BATIMENTS NEUFS	 Immeubles	 Enseignement	 Culture et loisirs
Type de bâtiment	Immeuble (logements et bureaux)	Bâtiments d'enseignement (collège, lycée, université, etc.)	Les équipements concernant la culture et les loisirs
m² SHON construits par an (cible totale)	677 973/an	167 036/an	126 614/an
Gisement net par an (m² 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 m² 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.

6.2.4. 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 ² de toiture (cible totale)		86 728 419	2 597 513
Gisement net (nb m² de toiture exploitable)		26 426 404	1 737 209
Gisement net pour les installations photovoltaïques (nb d'installations)*		13 200	900

*2000 m² 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.

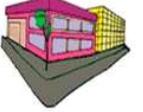
PHOTOVOLTAÏQUE SUR LES GRANDES TOITURES NEUVES			
	Grands bâtiments	Agricole	Stockage
Type de Bâtiment	Bâtiments industriels et commerciaux	Bâtiments agricoles	Bâtiments de stockage (agricole et non agricole)
Nombre de m ² de toiture (cible totale)	1 190 733/an	438 063/an	291 251/an
Gisement net (nb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

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

6.2.5. Les abris-pluie

Une étude sur l'occupation du sol sur les zones commerciales en dehors des zones urbaines denses a permis de déterminer la surface des abris-pluie par rapport aux surfaces de toiture des bâtiments⁶.

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 m² d'abris-pluie.

Sur les abris-pluie la technologie est généralement en polycristallin et le ratio retenu est de 120Wc/m² (toute la surface peut-être exploitée).

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

6.2.6. 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. Avec les sites et sols pollués, une centaine d'installations supplémentaires pourraient représenter 1 500 MWc soit au total 1 560 MWc pour une production de près de 1 400 GWh/an.



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

6.2.7. Synthèse des gisements nets des filières photovoltaïques

INSTALLATIONS PHOTOVOLTAIQUES GISEMENTS NETS HORS CONTRAINTES (patrimoniales et techniques)									TOTAL
									MAISONS INDIVIDUELLES*
dans l'existant	nombre : surface totale : MWh/an :	249 634 7 489 025 m ² 655 290	46 500 9 292 350 m ² 975 697	1 700 850 199 m ² 89 271	13 200 26 426 404 m ² 1 057 056	900 1 737 209 m ² 182 407	123 524 559 m ² 55 079	119 15 670 000 m ² 1 394 630	312 176 61 989 745 m ² 4 409 429 MWh/an
sur le neuf par an	nombre : surface totale : MWh/an :	1 701 51 027 m ² 4 465	143 32 806 m ² 1 435	25 6 484 m ² 681	90 182 003 m ² 9 002	90 183 110 m ² 19 227			455 430 m ² 34 810 MWh/an

* 3 kWc par installation dans l'habitat

** 20 kWc par installation en collectif

Sources : AXENNE

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

INSTALLATIONS PHOTOVOLTAIQUES GISEMENTS NETS HORS CONTRAINTES (patrimoniales et techniques)									TOTAL
									MAISONS INDIVIDUELLES*
dans l'existant	nombre : surface totale : MWh/an :	805 271 24 158 145 m ² 2 113 838	46 500 9 292 350 m ² 975 697	1 700 850 199 m ² 89 271	13 200 26 426 404 m ² 1 057 056	900 1 737 209 m ² 182 407	123 524 559 m ² 55 079	119 15 670 000 m ² 1 394 630	867 813 78 658 865 m ² 5 867 977 MWh/an
sur le neuf par an	nombre : surface totale : MWh/an :	5 487 164 604 m ² 14 403	143 32 806 m ² 1 435	25 6 484 m ² 681	90 182 003 m ² 9 002	90 183 110 m ² 19 227			569 006 m ² 44 748 MWh/an

* 3 kWc par installation dans l'habitat

** 20 kWc par installation en collectif

Sources : AXENNE

6.3. LES GISEMENTS PLAUSIBLES DES FILIERES PHOTOVOLTAÏQUES

Pour l'évaluation des gisements plausibles nous repartons du gisement net qui ne tient pas compte de la capacité financière des maîtres d'ouvrages. Nous déterminons un pourcentage plausible de ce gisement net qui est expliqué dans les pages suivantes.

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



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

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

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

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

BILAN PV :							
	nb total en 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 0,08% 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 0,2% des gisements nets en 2015, 0,5% des gisements nets en 2020 et 1,5% en 2050 . Cela porterait le total à 4000 installations en 2020, soit une progression annuelle de 19% (12000 installations en 2050). 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 : 0,14% des immeubles identifiés dans les gisements nets sont actuellement équipés d'une installation photovoltaïque. L'objectif est de réaliser 800 installation en 2020, soit 1,7% des gisements nets en 2020 (2000 installations en 2050). Cela représente une progression annuelle de 25%. Ces chiffres ambitieux supposent que la baisse du tarif annoncée après 2012 sera compensée par la baisse du coût des modules.

Sur le parc neuf : compte tenu de la réglementation, à partir de 2012, 20% des immeubles neufs sont équipés puis ce pourcentage augmente graduellement jusqu'à 100% en 2020 (soit 30 % 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 : L'objectif est de réaliser 30 installations à l'horizon 2020 et d'atteindre 200 installations au total en 2050.

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 et 19% en 2050, soit 2500 au total en 2050.

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 et 800 en 2050.

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. Ce ratio est conservé jusqu'en 2050.

Photovoltaïque neuf			2009	2020	2050
Nature	Cible par an neuf	kWc/nb	Ratio_equipe_2009	Ratio_equipe_2020	Ratio_equipe_2050
Maison individuelle	5 487	2,8	2%	100%	100%
Bâtiments	143	20,4	21%	100%	100%
Enseignement / équipements sport	25	15,0	6%	100%	100%
Grandes toitures (industrielles, stor	90	186,8	1%	100%	100%
Bâtiments agricoles	90	52,8	0%	100%	100%

Nature	Nb instal. 2009	Nb instal. 2020	Nb instal. 2050
Maison individuelle	104	5487	1372
Bâtiments	30	143	36
Enseignement / équipements sportifs	2	25	6
Grandes toitures (industrielles, stockage)	1	90	23
Bâtiments agricoles	0	90	23

Photovoltaïque existant		2009	2015	2020	2030	2050
Nature	Cible totale existante	Ratio_equip_tot_2009	Ratio_equip_tot_2015	Ratio_equip_tot_2020	Ratio_equip_tot_2030	Ratio_equip_tot_2050
Maison individuelle	805 271	0,08%	0,2%	0,5%	0,7%	1,5%
Bâtiments	46 500	0,14%	0,6%	1,7%	2,3%	4%
Enseignement / équipements sport	1 700	0,71%	1%	2%	3,3%	12%
Grandes toitures (industrielles, stor	13 200	0,03%	0,4%	4%	6,5%	19%
Bâtiments agricoles	900	3%	13%	44%	56,0%	89%
Ombrières de parking	123	0%	3%	5%	8,5%	24%
Centrales photovoltaïques	119	0%	9%	17%	21,4%	34%

Nature	Nb instal tot 2009	Nb instal. tot. 2015	Nb instal. tot. 2020	Nb instal. tot. 2030	Nb instal. tot. 2050
Maison individuelle	605	1 694	4000	5769	12000
Bâtiments	34	259	800	1086	2000
Enseignement / équipements sportifs	6	20	30	56	200
Grandes toitures (industrielles, stockage)	3	56	500	855	2500
Bâtiments agricoles	25	113	400	504	800
Ombrières de parking	0	3	6	10	30
Centrales photovoltaïques	0	10	20	25	40

Pour les centrales au sol, nous avons pris comme hypothèse que tous les projets actuellement identifiés (soit une vingtaine) sont réalisés à l'horizon 2020 et on double le chiffre en 2050 pour atteindre 40 installations au total. Ces chiffres sont ambitieux au vue du contexte sur la filière photovoltaïque mais ils sont cohérents par rapport à la capacité d'accueil du territoire : acceptabilité locale, coût du raccordement électrique, concurrence avec d'autres usages, etc

6.4. TABLEAU RECAPITULATIF GENERAL POUR LE PHOTOVOLTAÏQUE

2020	Proposition d'un objectif en % du gisement identifié						Réalisation à fin 2010	Réalisation entre 2010 et 2020	Réalisations par an entre 2010 et 2020	Production totale en 2020	t CO ₂ évité /an en 2020	Nb d'emplois liés à la fabric. et l'inst.	Nb d'emplois annuels liés à l'exploit.
	SUR L'EXISTANT			SUR LE NEUF (réalisation par an)									
	%	nb d'inst.	MWh/an	%	nb d'inst.	MWh/an	MWh/an	MWh/an	nb/an	MWh/an	t CO ₂	nb d'emplois	nb d'emplois
Photovoltaïque													
Maison individuelle	0,5%	4 000	10 500 MWh/an	51%	2 791	7 327 MWh/an		91 102	3 155	27 330	3 123		
Bâtiments	2%	800	16 786 MWh/an	48%	68	684 MWh/an		24 306	141	7 292	833		
Enseignement / équipements sportifs	2%	30	1 575 MWh/an	47%	12	318 MWh/an		5 072	15	1 522	174		
Grandes toitures (industrielles, stockage)	4%	500	40 040 MWh/an	37%	33	3 299 MWh/an		76 325	78	22 898	2 617		
Bâtiments agricoles	44%	400	81 070 MWh/an	72%	64	13 754 MWh/an		232 364	101	69 709	7 967		
Ombrières de parking	5%	6	2 754 MWh/an					2 754	1	826	94		
Centrales photovoltaïques	17%	20	237 087 MWh/an					237 087	2	71 126	8 129		
Sous-total solaire photovoltaïque :		5 756	389 812 MWh/an		2 969	25 382 MWh/an	6 158	669 010	3 545	675 169	202 551	19 814	253

2050	Proposition d'un objectif en % du gisement identifié						Réalisation à fin 2009	Réalisation entre 2010 et 2050	Réalisations par an entre 2010 et 2050	Production totale en 2050	t CO ₂ évité /an en 2050	Nb d'emplois liés à la fabric. et l'inst.	Nb d'emplois annuels liés à l'exploit.
	SUR L'EXISTANT			SUR LE NEUF (réalisation par an)									
	%	nb d'inst.	MWh/an	%	nb d'inst.	MWh/an	MWh/an	MWh/an	nb/an	MWh/an	t CO ₂	nb d'emplois	nb d'emplois
Photovoltaïque													
Maison individuelle	1%	12 000	31 500 MWh/an	33%	1 822	4 782 MWh/an		227 576	2 115	68 273	7 803		
Bâtiments	4%	2 000	41 965 MWh/an	33%	48	478 MWh/an		61 583	97	18 475	2 111		
Enseignement / équipements sportifs	12%	200	10 502 MWh/an	33%	8	225 MWh/an		19 719	13	5 916	676		
Grandes toitures (industrielles, stockage)	19%	2 500	200 200 MWh/an	30%	27	2 663 MWh/an		309 396	88	92 819	10 608		
Bâtiments agricoles	89%	800	162 139 MWh/an	42%	37	7 979 MWh/an		489 282	57	146 784	16 775		
Ombrières de parking	24%	30	13 434 MWh/an					13 434	1	4 030	461		
Centrales photovoltaïques	34%	40	474 174 MWh/an					474 174	1	142 252	16 257		
Sous-total solaire photovoltaïque :		17 570	933 915 MWh/an		1 942	16 128 MWh/an	6 158	1 595 164	2 381	1 601 322	480 397	46 889	600

Attention !! pour 2050, la colonne « SUR LE NEUF » fait parfois apparaître des chiffres d'installations annuelles plus faibles puisque la dynamique de construction diminue à partir de 2030. Toutefois, la production sur le parc neuf en 2050 n'en reste pas moins bien supérieure à celle de 2020 (colonne « Réalisation entre 2010 et 2050 »).

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 km² 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.

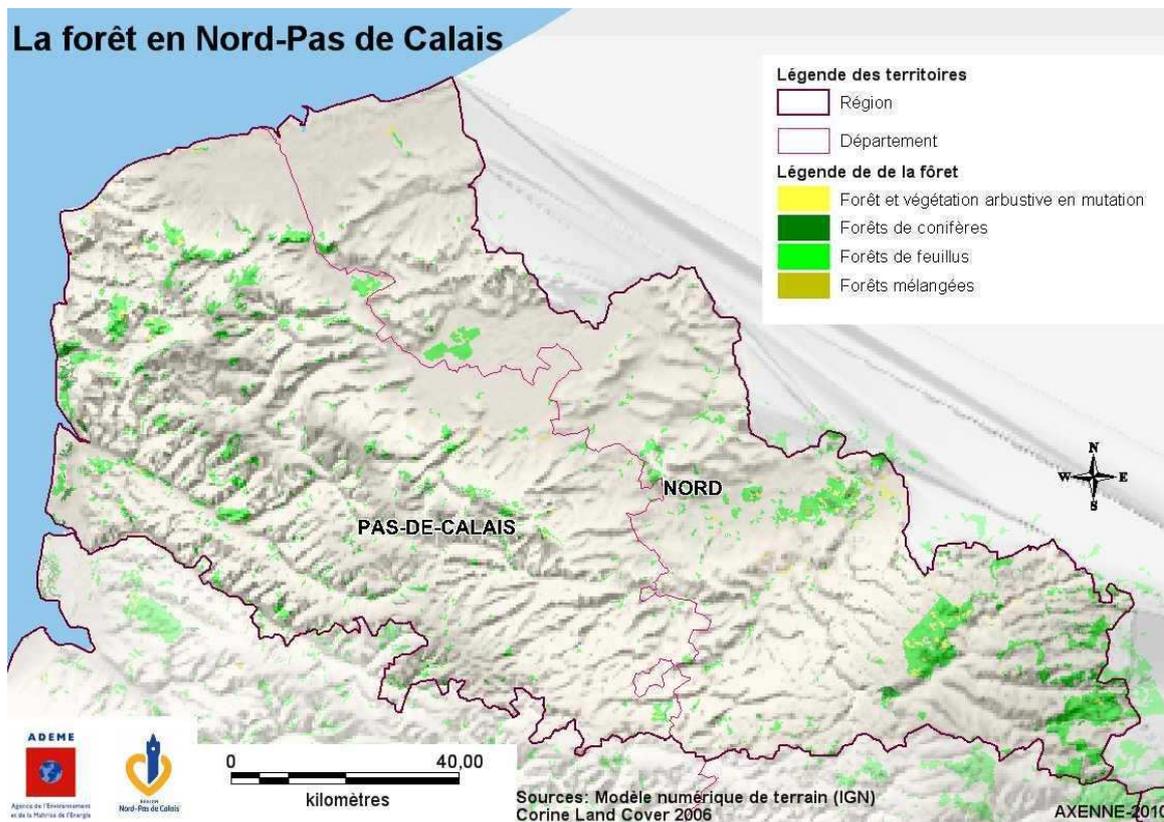
Selon le CRPF, la région Nord-Pas-de-Calais est la moins boisée de France, pour cause de conditions de milieu particulières (sols généralement riches) et des raisons historiques (défrichement pour l'agriculture et guerres).

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 PEUPELEMENT ET ESSENCES PRINCIPALES

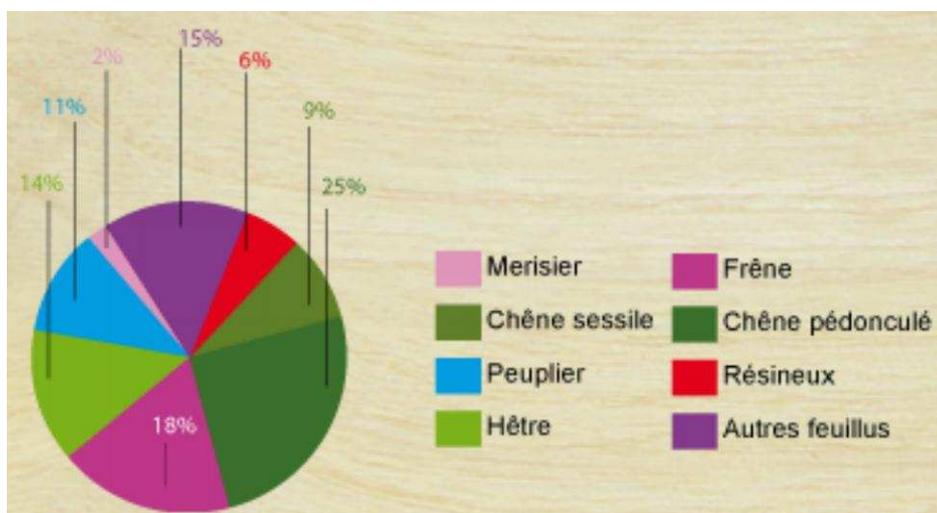
La carte ci-dessous met en évidence les peuplements forestiers de la région.



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 :



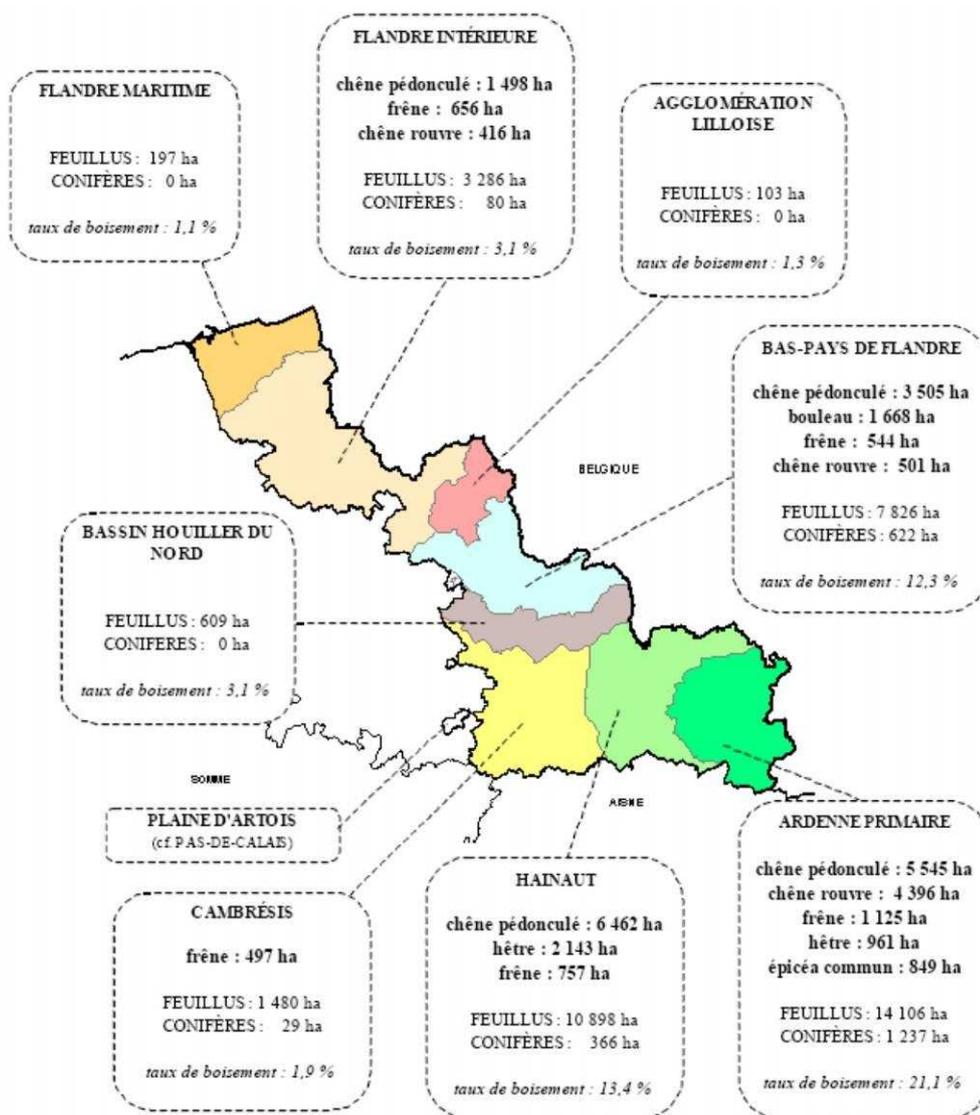
Graphique 7. Essences principales en Nord-Pas-de-Calais (CRPF)

D'après l'IFN, le volume de bois sur pied était de 13,4 millions de m³ en 2000.

REGIONS FORESTIERES DU NORD-PAS-DE-CALAIS

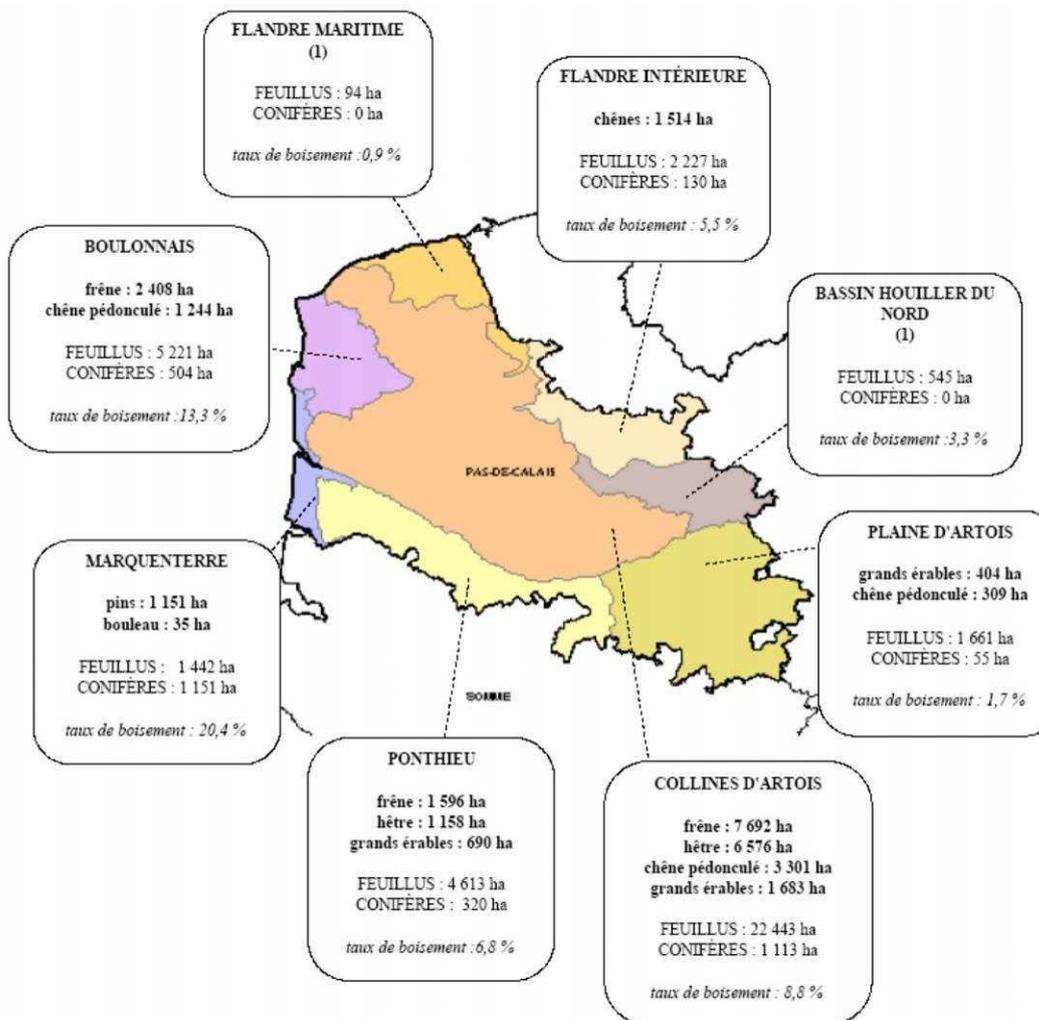
La région est divisée en 13 régions forestières. Une région forestière est une unité territoriale naturelle qui présente globalement pour la végétation forestière des conditions de sol et de climat similaires et qui comporte des types de forêt ou de paysage comparables.

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 Marquenterre.

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 forêts⁷.

⁷ 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.

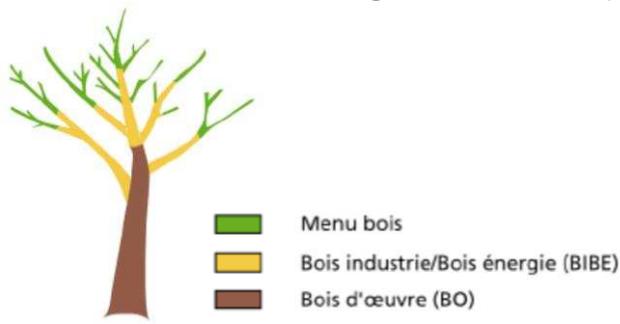


Figure 8. Compartiments de l’arbre (IFN, FCBA, Solagro)

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 ³ /an]	[ktep]	[m ³ /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 ³ /an]	[ktep]	[m ³ /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 000m³ de BIBE et de 30 000m³ menu bois.

Haies et alignements

	BIBE		Menu Bois	
	[m ³ /an]	[ktep]	[m ³ /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, populicole 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
[m ³ /an]	475 000	90 000	565 000	66 000	42 000	108 000
[ktep]	111	17	128	16	7	23

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
[m ³ /an]	-284 000	-48 000	-332 000	66 000	42 000	108 000
[ktep]	-56	-8	-64	16	7	23

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 m³** (soit 55 000 tonnes).

7.1.2. Ressources en bois d'élagage

La Fédération Régionale des Coopératives Agricoles a réalisé une étude en 2010. Les ressources en bois d'élagage (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).

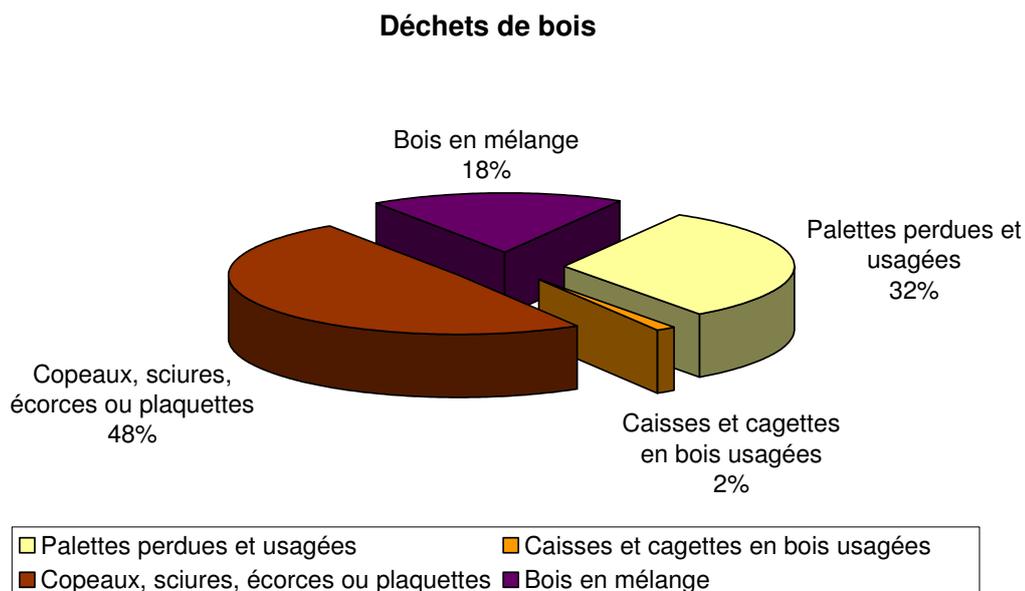
17 672 t ont été commercialisées pour trituration, et 21 636 t pour d'autres utilisations. 40t de connexes ont été autoconsommées par l'entreprise pour produire de l'énergie.

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, 020B, 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, 205A	Fabrication d'emballages et d'objets divers en bois	51	25
212A, 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 bois⁸.

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

⁸ <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 de la région.

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 nd 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 m³ de bois à 30% d'humidité équivaut à 930 kg. 1 m³ de BRF équivaut à 250kg.

7.2. LES GISEMENTS 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	 Poêles, inserts	 Poêles, inserts
Cible envisagée	1 172 883 maisons existantes chauffage électrique, fioul, gaz	8 000 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 :

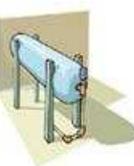
CHAUDIÈRE INDIVIDUELLE AUTOMATIQUE AU BOIS					 câbles chauffant
Energie substituée	Gaz naturel	Fioul	Propane	Electricité	Electricité HC
Temps de retour investisseur (ans)	16	11	6	6	12
Rejet de CO ₂ évité (kg/an)	17 650	17 650	8 154	7 237	9 566

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 m²) 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 retenues⁹. 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	 Chaudière bois individuelle	 Chaudière bois individuelle
	Cible envisagée	175 516 Maisons existantes chauffage fioul et propane	1360 Maisons neuves (>150m ²) par an
Maisons existantes : x 17% x 31% Maisons neuves : x 31%	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.

⁹ L'analyse cartographique permet de ne retenir que les maisons de plus de 150 m² 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 BÂTIMENTS COLLECTIFS NEUFS	 Enseignements	 Equip. coll. de culture et loisirs	 Santé	 Action sociale	 Hébergement
Cible envisagée par an (m ² SHON / an)	167 036/an	126 614/an	114 459/an	33 284/an	20 345/an
Gisement pour les installations bois-énergie (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

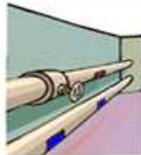
Il y a environ 6 réseaux de chaleur au bois énergie sur la Région Nord-Pas-de-Calais à fin 2009. Il s'agit aussi bien de petits réseaux collectifs pour l'alimentation de quelques bâtiments que de réseaux beaucoup plus importants alimentant une partie de l'agglomération (c'est le cas des réseaux de chaleur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

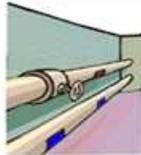
INSTALLATIONS DE CHAUFFAGE AU BOIS GISEMENTS NETS HORS CONSTRAINTES (patrimoniales et techniques)						TOTAL
dans l'existant	nombre : MWh/an :	360 288 2 269 817	9 250 199 793		50 1 000 000	369 588 3 469 610 MWh/an
sur le neuf par an	nombre : MWh/an :	1 840 11 592	422 9 107	62 7 830		2 324 28 529 MWh/an

* 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 CHAUFFAGE AU BOIS GISEMENTS NETS HORS CONSTRAINTES (patrimoniales et techniques)						TOTAL
dans l'existant	nombre : MWh/an :	360 288 2 269 817	29 838 644 494		50 1 000 000	390 176 3 914 310 MWh/an
sur le neuf par an	nombre : MWh/an :	1 840 11 592	1 360 29 376	62 7 830		3 262 48 798 MWh/an

* 10kW par poêle

** 18kW par chaudière individuelle

Sources : AXENNE

7.3. LES GISEMENTS PLAUSIBLES DES INSTALLATIONS BOIS

Pour l'évaluation des gisements plausibles nous repartons du gisement net qui ne tient pas compte de la capacité financière des maîtres d'ouvrages. Nous déterminons un pourcentage plausible de ce gisement net qui est expliqué dans les pages suivantes.

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.

Les perspectives de petits réseaux de chaleur bois sont d'environ vingt-cinq sur le territoire à l'horizon 2020. Il s'agit de faire passer au bois l'ensemble des réseaux publics actuels ainsi que les quelques réseaux privés. En 2050, ce sont au total une cinquantaine de petits réseaux supplémentaires qui seront créés.

BILAN BE :						
	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 2020	% du gisement en 2050
Maison - chaudière automatique	4	72	2	0,10%	0,1%	0,02%
Chaudières collectives	44	50 181			1%	0,4%
Poêles et inserts performants	283 794	2 837 940	27714	100%	36%	14%

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.

Bois énergie neuf :			2009	2020	2050
Nature	Cible par an neuf	kW/nb	Ratio equipe_2009	Ratio equipe_2020	Ratio equipe_2050
Maison - chaudière automatique	1 360	18	0,06%	0%	0%
Chaudières collectives	62	1140	4%	0%	0%
Poêles et inserts performants	1 840	10	12%	20%	20%
			Nb instal. 2009	Nb instal. 2020	Nb instal. 2050
Maison - chaudière automatique			1	0	0
Chaudières collectives			2	0	0
Poêles et inserts performants			220	368	92

Bois énergie existant :		2009	2015	2020	2030	2050
Nature	Gisement total existant	Ratio equip_tot_2009	Ratio equip_tot_2015	Ratio equip_tot_2020	Ratio equip_tot_2030	Ratio equip_tot_2050
Maison - chaudière automatique	29 838	0,00%	0,02%	0,10%	0,2%	1,0%
Poêles et inserts performants	360 288	71%	86%	100%	100,0%	100,0%
		Nb instal. tot. 2009	Nb instal. tot. 2015	Nb instal. tot. 2020	Nb instal. tot. 2030	Nb instal. tot. 2050
Maison - chaudière automatique		1	6	30	64	298
Poêles et inserts performants		255 415	308 134	360 288	360 288	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 réseaux supplémentaires et 500 000 MWh/an) et 100% à l'horizon 2050 (soit 50 réseaux de chaleur bois pour une production de 1 000 000 MWh/an).

7.4. TABLEAU RECAPITULATIF GENERAL POUR LE BOIS ENERGIE

2020	Proposition d'un objectif en % du gisement identifié						Réalisation à fin 2009	Réalisation entre 2010 2020	Réalisations par an entre 2010 2020	Production totale en 2020	t CO ₂ évité /an en 2020	Nb d'emplois liés à la fabric. et l'inst.	Nb d'emplois annuels liés à l'exploit.
	SUR L'EXISTANT			SUR LE NEUF (réalisation par an)									
	%	nb d'inst.	MWh/an	%	nb d'inst.	MWh/an	MWh/an	MWh/an	nb/an	MWh/an	t CO ₂	nb d'emplois	nb d'emplois
Bois énergie - Chaudière automatique													
Maison - chaudière automatique 	0,1%	30	644 MWh/an	0,1%	1	17 MWh/an		834	3	225			
Chaudières collectives				1%	1	100 MWh/an		1 095	1	296			
Réseaux de chaleur	50%	25	500 000 MWh/an					500 000	2	135 000			
Ss-total bois énergie - chaudière automatique :		55	500 644 MWh/an			117 MWh/an	239 470	501 930	5	741 400	200 178	940	473
Inserts et Poêles performants													
Poêles et inserts performants  <i>(attention renouvellement en grande partie)</i>	100%	360 288	2 269 817 MWh/an	36%	668	4 210 MWh/an		374 635	33 422	101 151			
Sous-total bois énergie - inserts et poeles :		360 288	2 269 817 MWh/an		668,3	4 210 MWh/an	1 941 496	374 635	36 697	2 316 131	625 355	868	767

2050	Proposition d'un objectif en % du gisement identifié						Réalisation à fin 2009	Réalisation entre 2010 2050	Réalisations par an entre 2010 2050	Production totale en 2050	t CO ₂ évité /an en 2050	Nb d'emplois liés à la fabric. et l'inst.	Nb d'emplois annuels liés à l'exploit.
	SUR L'EXISTANT			SUR LE NEUF (réalisation par an)									
	%	nb d'inst.	MWh/an	%	nb d'inst.	MWh/an	MWh/an	MWh/an	nb/an	MWh/an	t CO ₂	nb d'emplois	nb d'emplois
Bois énergie - Chaudière automatique													
Maison - chaudière automatique 	1%	298	6 445 MWh/an	0,02%	1	5 MWh/an		6 652	8	1 796			
Chaudières collectives				0,4%	1	29 MWh/an		1 195	1	323			
Réseaux de chaleur	100%	50	1 000 000 MWh/an					1 000 000		270 000			
Ss-total bois énergie - chaudière automatique :		348	1 006 445 MWh/an			34 MWh/an	239 470	1 007 847	9	1 247 317	336 776	1 894	794
Inserts et Poêles performants													
Poêles et inserts performants  <i>(attention renouvellement en grande partie)</i>	100%	360 288	2 269 817 MWh/an	14%	263	1 656 MWh/an		67 912	9 050	18 336			
Sous-total bois énergie - inserts et poeles :		360 288	2 269 817 MWh/an		262,9	1 656 MWh/an	1 941 496	67 912	9 270	2 337 729	542 540	235	774

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
Total vaches	269 867
Bovins de plus de 2 ans	95 544
Bovins de 1 à 2 ans	149 120
Bovins de moins d'1 an	186 382
Total bovins	431 046
Total équidés	13 319
Chevrettes	569
Chèvres	1 532
Autres caprins	339
Total caprins	2 440
Agnelles	5 768
Brebis-mères	38 740
Autres ovins	16 664
Total ovins	61 172
Porcelets et jeunes porcs (20 à 50kg)	265 300
Truies et verrats de 50kg et plus	43 740
Porcs à l'engraissement	215 300
Total porcins	524 340
Poules pondeuses	303 000
Poulettes	331 000
Poulets de chair (y.c coqs et coquelets)	5 000 000
Canards (à rôtir, 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
Total volailles	6 706 000

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
Total (tonnes)		5 034 865	770 104

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 CH₄/kg MO, contre 442 NL CH₄/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 ³ CH ₄ /t MO)	POTENTIEL METHANOGENE (Nm ³ CH ₄ /t MO)
	Min	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 200Nm³ par tonne de matière organique¹⁰, à défaut de données plus précises. Cette valeur est dans la fourchette basse des potentiels des autres résidus de culture.

CULTURE	POTENTIEL METHANOGENE (Nm ³ CH ₄ /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.

¹⁰ Solagro : 500m³ 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 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 radicelles, 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 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 du Nord 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.

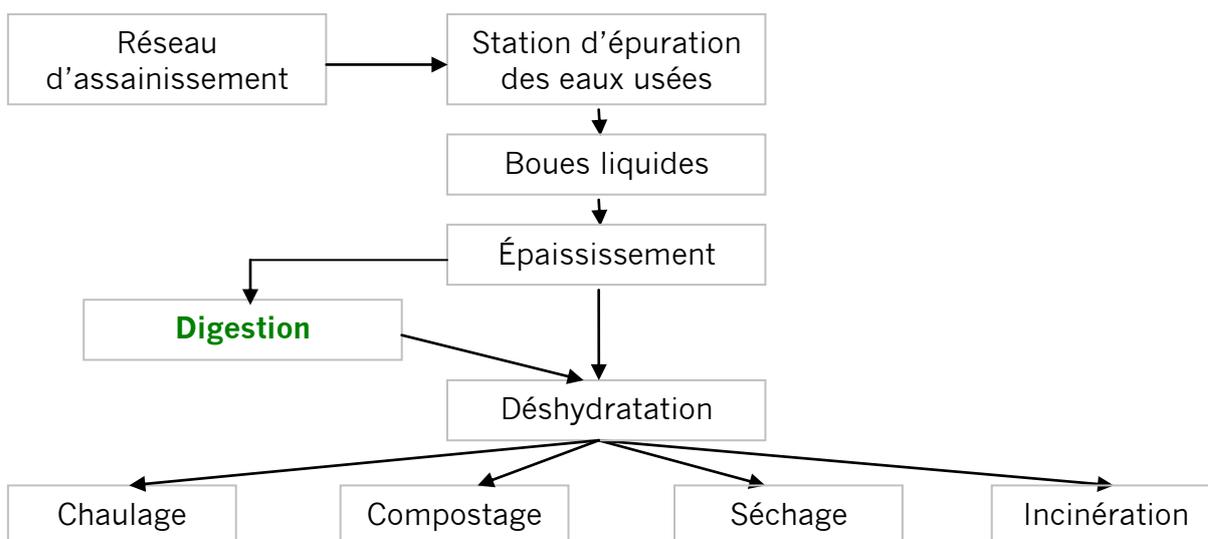


Figure 10. Filières de gestion des boues

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 m³ de méthane par tonne de matière sèche introduite en digestion peut être attendue. Cette productivité varie de 120 m³ à 320m³ sur 20 stations enquêtées¹¹.

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 000EH¹².

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.

¹¹ « 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.

¹² « 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 (en tonnes)	MATIERE MOBILISABLE (en tonnes)	Production d'électricité (MWh/an)	Production de chaleur (MWh/an)
Effluents d'élevages	5 034 865	770 104	549 409	784 870
Fraction fermentescible des 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
TOTAL :			1 539 839	2 199 770

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 : les digestats peuvent faire l'objet d'une homologation et peuvent exister sous forme de compost. Sous réserve de répondre à la norme AFNOR NFU 44-051, il peut alors être commercialisé. Dans une logique déchets, 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'épandage¹³.
Enfin, dans une logique produit, le digestat peut faire l'objet d'une homologation puis normalisation, mais la procédure est actuellement 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 2000m² est un pré-requis. La présence d'habitations occupées par des tiers (hors famille ou gîte) à moins de 50m 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...)

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

- 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 2,6 % des gisements nets en 2020, soit 57 000 MWh/an pour la chaleur produite et 39 925 MWh/an pour l'électricité. Cet objectif a été fixé par l'ADEME à partir d'une extrapolation des projets actuellement en prévision. En 2050, ces chiffres sont doublés pour atteindre 114 000 MWh/an pour la chaleur et 80 000 MWh/an pour l'électricité.

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 :

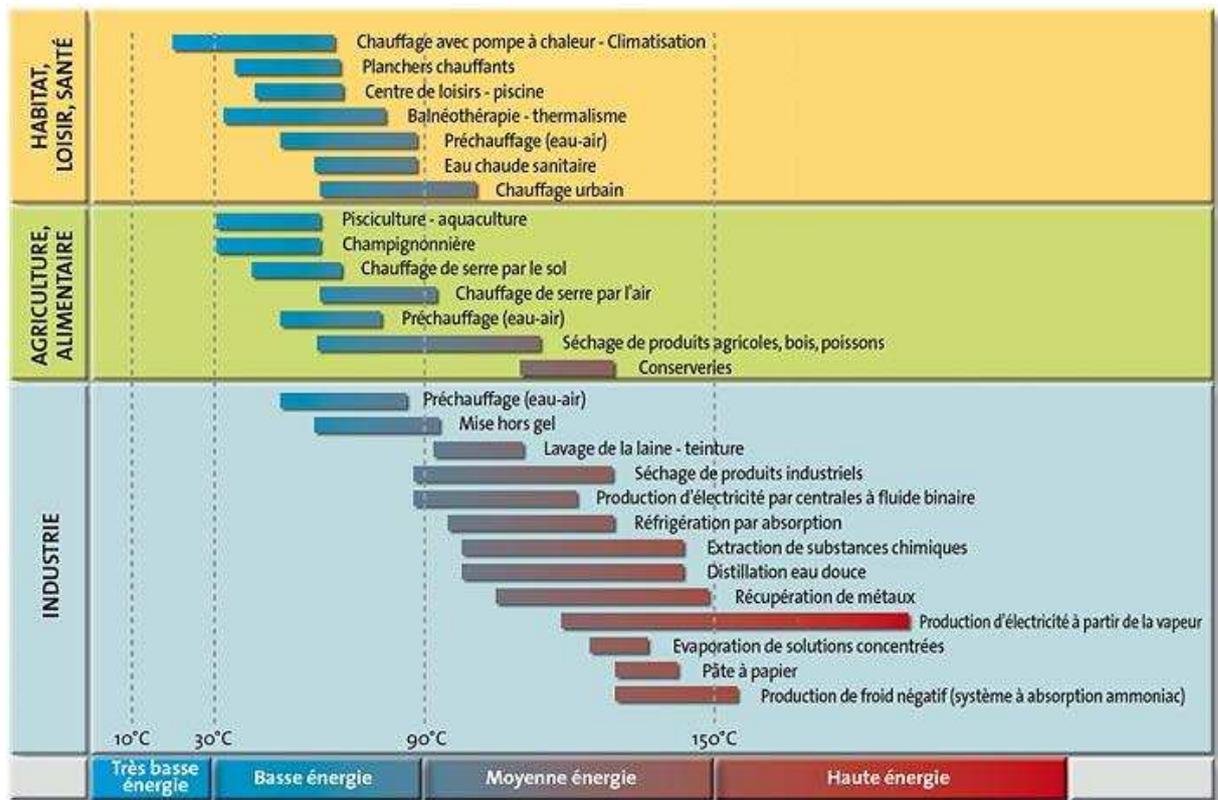


Figure 11. Principales utilisations de la géothermie en fonction des températures de la ressource (Géothermie Perspectives)

■ 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.

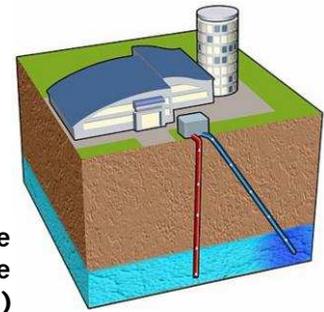


Figure 12. Installation de géothermie basse énergie (ADEME, BRGM)

- **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).

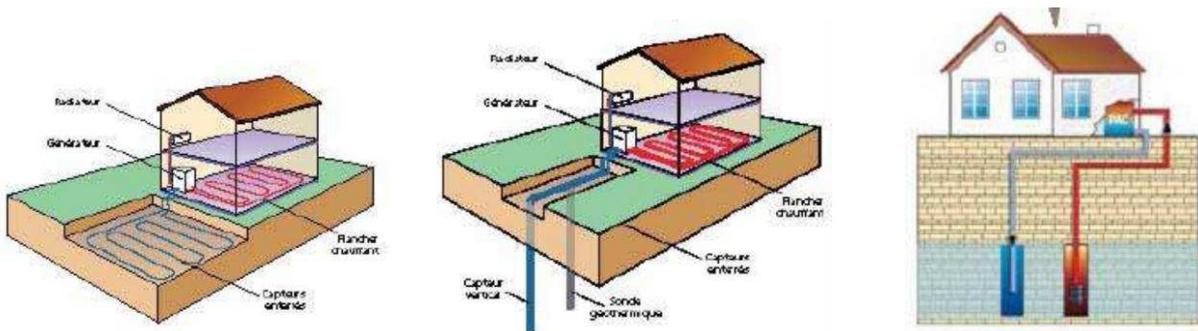
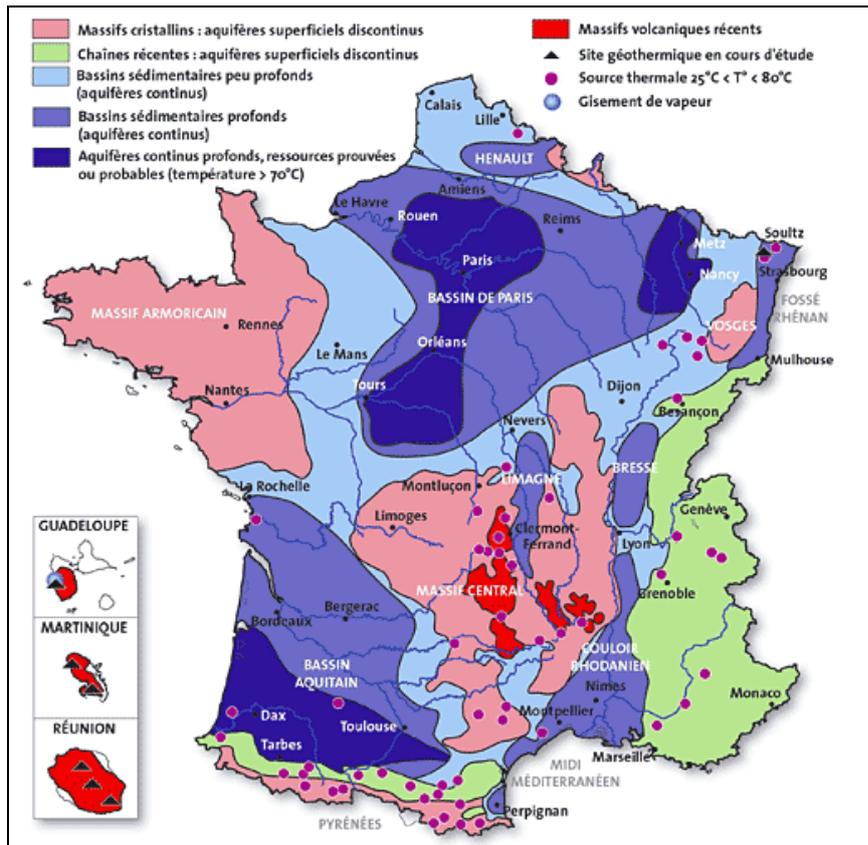


Figure 13. Géothermie sur capteurs horizontaux, capteurs verticaux, et sur aquifère superficiel (ADEME)

9.2. GEOTHERMIE BASSE ET TRES BASSE ENERGIE

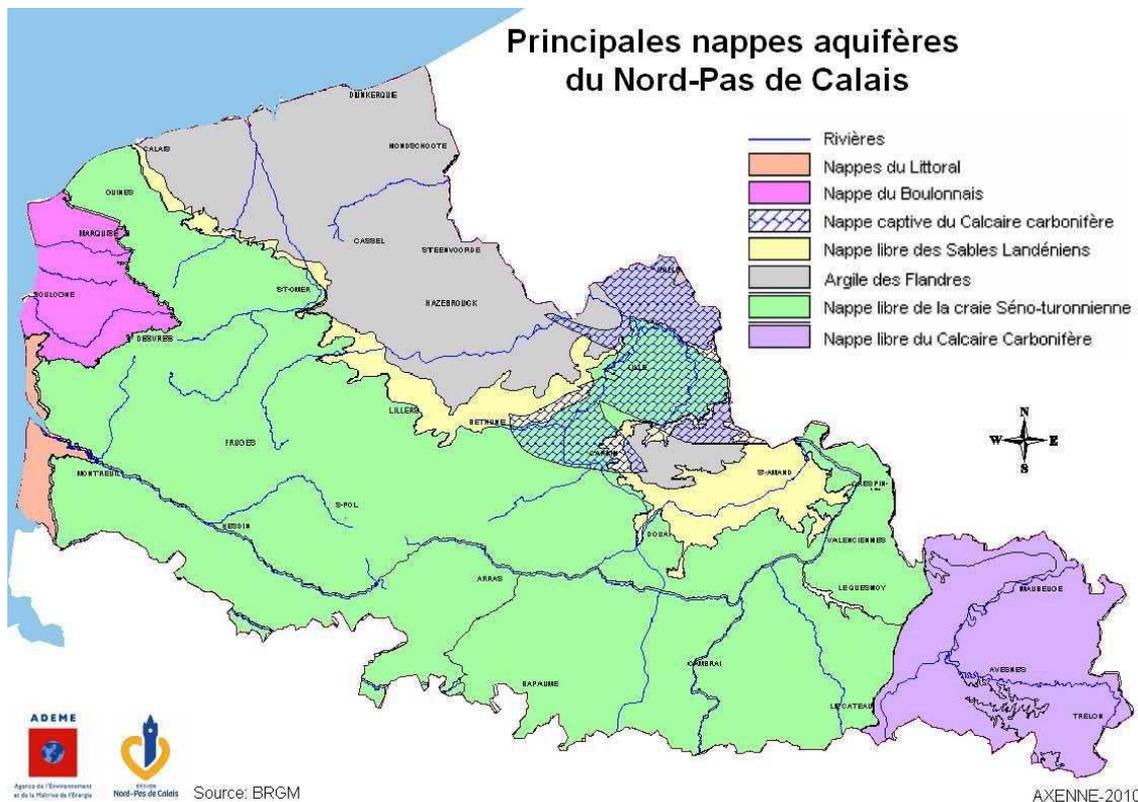
Le BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières) a établi une carte des ressources géothermiques en France (Cf. carte ci-dessous).

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.

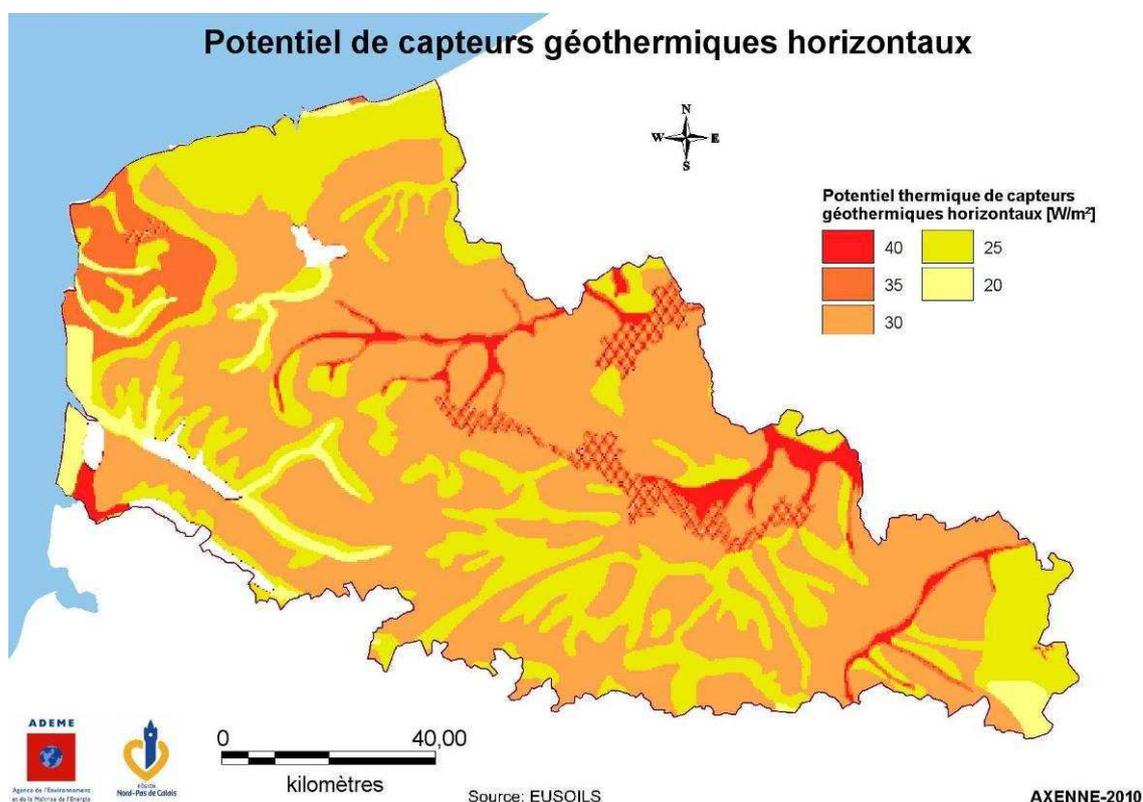
Une étude du potentiel géothermique sur la région Nord-Pas-de-Calais est en cours de réalisation.

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.

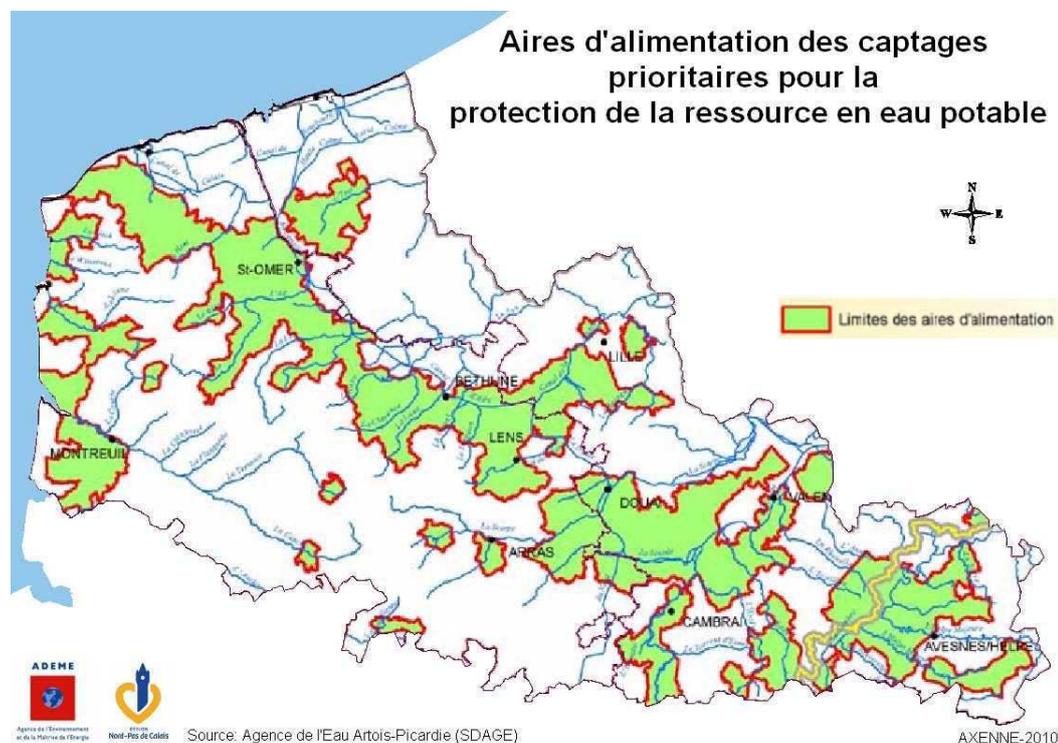
Approuvé en décembre 2009, il fixe le programme de mesures à suivre de 2010 à 2015.

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)

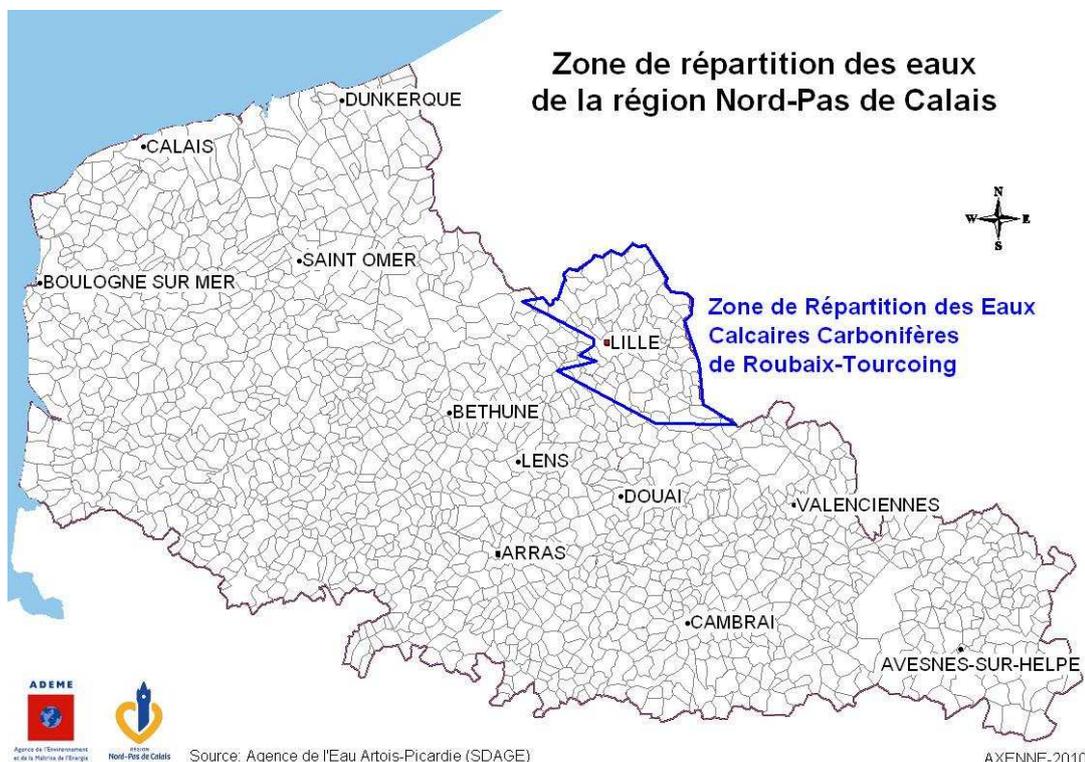
9.4.1.2. Gestion équilibrée des ressources en eau

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/km²), très supérieure à la moyenne nationale (108 hab/km²), 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.



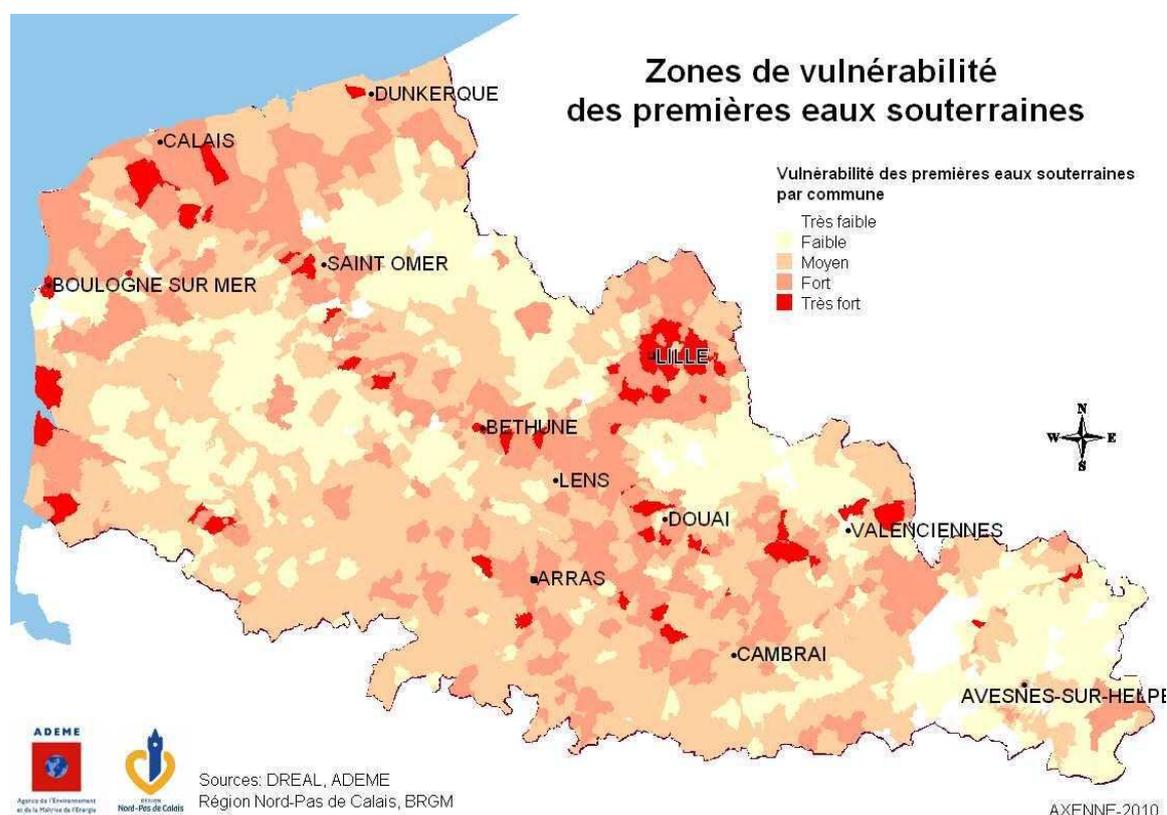
Carte 12. Zone de Répartition des Eaux en Nord-Pas-de-Calais (Agence de l'Eau Artois-Picardie)

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 rencontrés¹⁴. 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 (déduite 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.



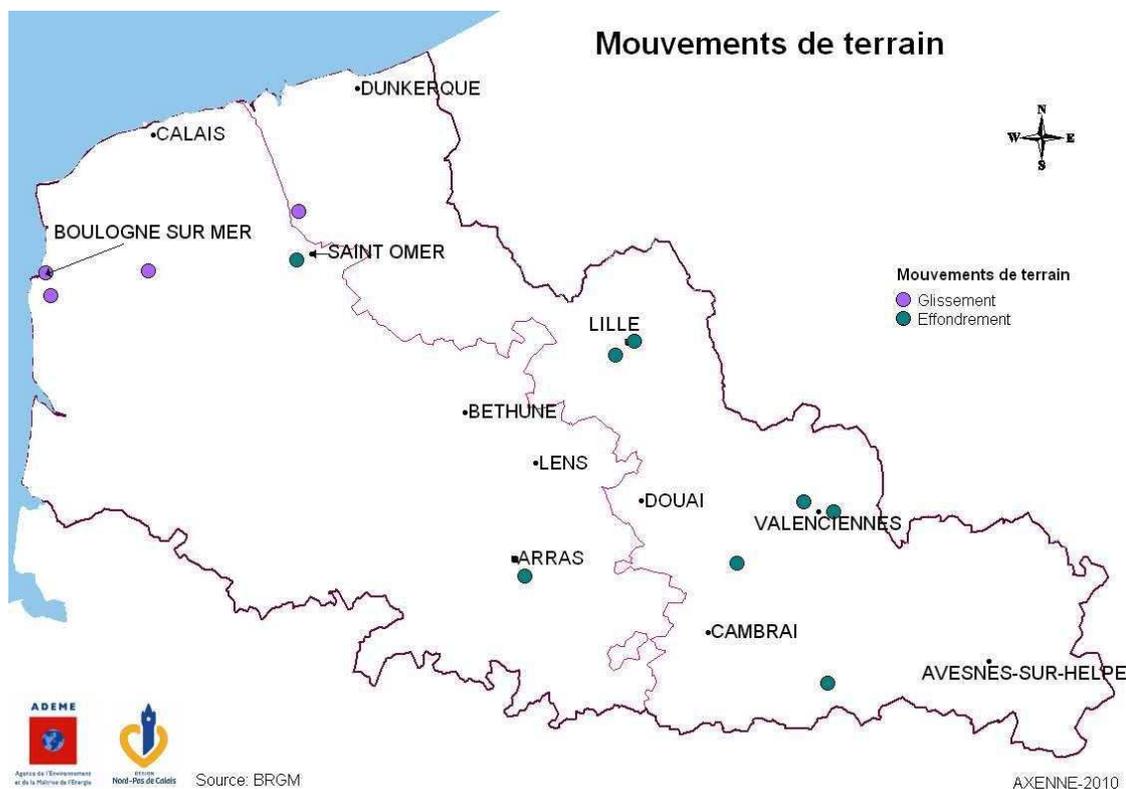
Carte 13. Zones de vulnérabilité des eaux souterraines (DREAL)

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

¹⁴ 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.).



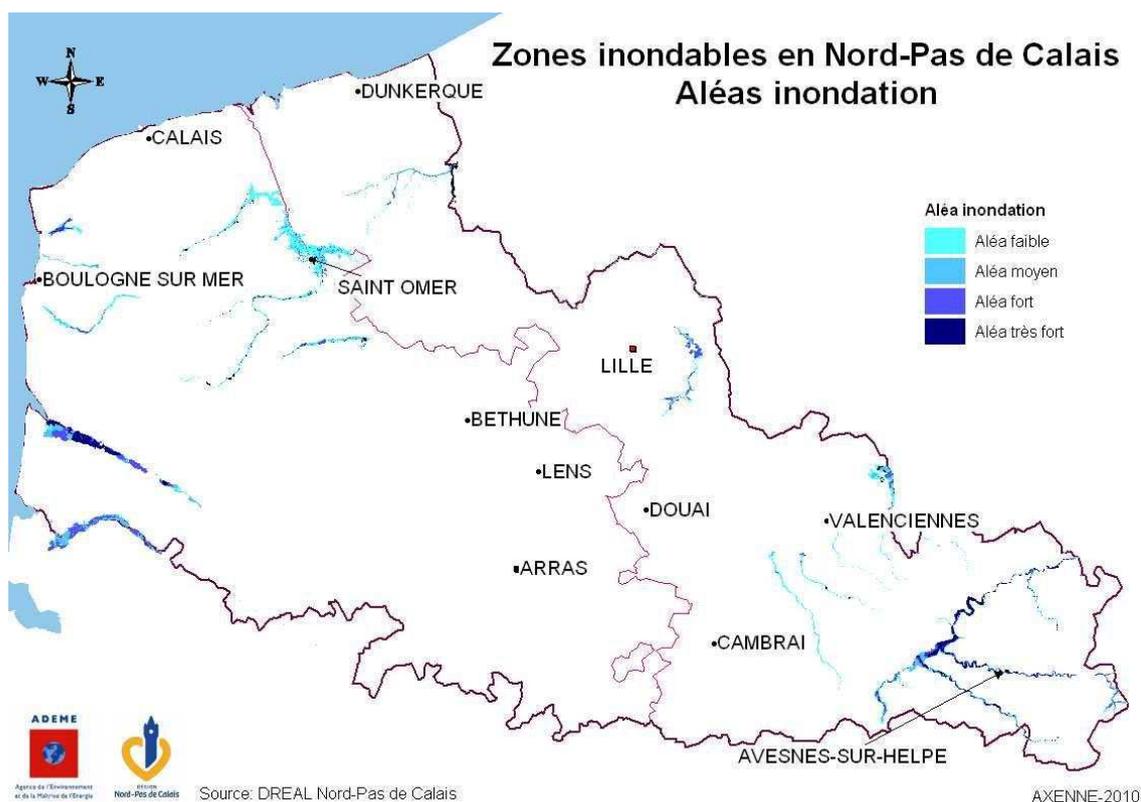
Carte 14. Mouvements de terrain en Nord-Pas-de-Calais

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 GISEMENTS NETS DES INSTALLATIONS GEOTHERMIQUES

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			
	Nombre total de maisons (cible totale)	154 550	20 966
	Energie de chauffage	Fioul	Gaz bouteille
x 31% x 70%	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.

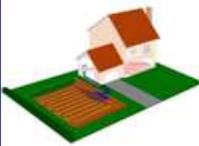
GEOthermie HORIZONTALE DANS L'HABITAT NEUF		
	Nombre de maisons/an (cible totale)	8 000/an
x 31% x 69%	Gisement net geoth. Horiz. (nb d'installations)	1 704/an

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 (cible totale)	485/an
Gisement net (nb d'installations)	410/an

x 84%

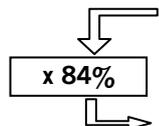




Tableau 48 : Gisement net pour les installations géothermiques sur nappe sur des immeubles neufs

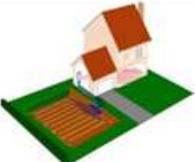
9.6. SYNTHÈSE DES GISEMENTS NETS POUR LES INSTALLATIONS GEOTHERMIQUES

INSTALLATIONS GEOTHERMIQUES GISEMENTS NETS HORS CONTRAINTES (patrimoniales et techniques)					TOTAL
dans l'existant	nombre : MWh/an*		38 087 464 660		38 087 464 660 MWh/an
sur le neuf par an	nombre : MWh/an*	1 704 20 789		410 21 484	2 114 42 273 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 GEOTHERMIQUES GISEMENTS NETS HORS CONTRAINTES (patrimoniales et techniques)					TOTAL
dans l'existant	nombre : MWh/an*		122 861 1 498 904		122 861 1 498 904 MWh/an
sur le neuf par an	nombre : MWh/an*	5 497 67 060		410 21 484	5 907 88 545 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 GISEMENTS PLAUSIBLES DES FILIERES GEOTHERMIQUES

Pour l'évaluation des gisements plausibles nous repartons du gisement net qui ne tient pas compte de la capacité financière des maîtres d'ouvrages. Nous déterminons un pourcentage plausible de ce gisement net qui est expliqué dans les pages suivantes.

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	% du gisement en 2050
Maison géothermie verticale	868	10 416	473	5%			
Maison géothermie horizontale	7 812	93 744			1543	10%	3%
Habitat collectif - sur nappe	181	11 065			8	13%	7%

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 horizontaux 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 4 391 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 (soit 0,07 % de l'ensemble du parc des maisons) sont actuellement équipées d'une installation de capteurs verticaux couplés à une pompe à chaleur géothermique. Le ratio est fixé à 1,5% des gisements nets en 2020 et 2% des gisements nets en 2050. Cela porterait le total à 1800 installations en 2020, soit une progression annuelle de 8% (2500 installations au total en 2050). 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 et se stabiliser à 20% en 2050.

Géothermie neuf :			2009	2020	2050
Nature	Cible_par_an_neuf	kW/nb	Ratio_equipe_2009	Ratio_equipe_2020	Ratio_equipe_2050
Maison géothermie horizontale	5 497	12	25%	0%	0%
Habitat collectif - sur nappe	410	61	4%	20%	20%
Nature			Nb instal. 2009	Nb instal. 2020	Nb instal. 2050
Maison géothermie horizontale			1371	0	0
Habitat collectif - sur nappe			14	82	21

Géothermie existant :		2009	2015	2020	2030	2050
Nature	Gisemt_totale_existant	Ratio_equip_tot_2009	Ratio_equip_tot_2015	Ratio_equip_tot_2020	Ratio_equip_tot_2030	Ratio_equip_tot_2050
Maison géothermie verticale	122 861	0,6%	1%	1,5%	1,6%	2%
Nature		Nb instal. tot. 2009	Nb instal. tot. 2015	Nb instal. tot. 2020	Nb instal. tot. 2030	Nb instal. tot. 2050
Maison géothermie verticale		781	1 232	1800	2008	2500

9.1. TABLEAU RECAPITULATIF GENERAL POUR LA GEOTHERMIE

2020	Proposition d'un objectif en % du gisement identifié						Réalisation à fin 2009	Réalisation entre 2010 2010	Réalisations par an entre 2010 2020	Production totale en 2020	t CO ₂ évité /an en 2020	Nb d'emplois liés à la fabric. et l'inst.	Nb d'emplois annuels liés à l'exploit.
	SUR L'EXISTANT			SUR LE NEUF (réalisation par an)									
	%	nb d'inst.	MWh/an	%	nb d'inst.	MWh/an	MWh/an	MWh/an	nb/an	MWh/an	t CO ₂	nb d'emplois	nb d'emplois
Géothermie - PAC													
Maison géothermie verticale	1%	1 800	21 960 MWh/an					21 960	164	21 960	5 929	136	
Maison géothermie horizontale				10%	524	6 391 MWh/an	5 763	70 304	524	70 304	18 982	436	
Habitat collectif - sur nappe				13%	52	2 722 MWh/an		29 940	52	29 940	8 084	186	
Sous-total géothermie PAC :		1 800	21 960 MWh/an		576	9 113 MWh/an	112 414	122 204	756	234 617	63 347	758	23

2050	Proposition d'un objectif en % du gisement identifié						Réalisation à fin 2009	Réalisation entre 2010 2050	Réalisations par an entre 2010 2050	Production totale en 2050	t CO ₂ évité /an en 2050	Nb d'emplois liés à la fabric. et l'inst.	Nb d'emplois annuels liés à l'exploit.
	SUR L'EXISTANT			SUR LE NEUF (réalisation par an)									
	%	nb d'inst.	MWh/an	%	nb d'inst.	MWh/an	MWh/an	MWh/an	nb/an	MWh/an	t CO ₂	nb d'emplois	nb d'emplois
Géothermie - PAC													
Maison géothermie verticale	2%	2 500	30 500 MWh/an					30 500	61	30 500	8 235	189	
Maison géothermie horizontale				3%	141	1 715 MWh/an	1 546	70 304	141	70 304	18 982	436	
Habitat collectif - sur nappe				7%	30	1 583 MWh/an		64 888	30	64 888	17 520	402	
Sous-total géothermie PAC :		2 500	30 500 MWh/an		171	3 297 MWh/an	112 414	165 692	233	278 105	75 088	1 027	27

10. L'AEROTHERMIE

La technologie des pompes à chaleur est beaucoup moins impactée par des considérations de contraintes liées à la ressource (en l'occurrence l'air) et à des difficultés d'implantation des équipements. Aussi, nous avons considéré à juste titre que ces équipements : pompe à chaleur air/air ou air/eau, peuvent être implantés très facilement sur les maisons neuves et existantes.

Sur les immeubles cette technologie est essentiellement utilisée pour la climatisation par le biais de système individuel, nous ne comptabilisons pas ce type d'équipement comme énergie renouvelable. Il ne répond généralement pas à un besoin réel, mais à du confort qu'il est aujourd'hui possible de fournir par le biais de système de rafraichissement qui consomme peu d'énergie (système par évaporation de l'eau) ou encore sur les immeubles neufs en respectant des règles de construction bioclimatique.

10.1. LE GISEMENT NET DES INSTALLATIONS AEROTHERMIQUES

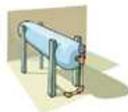
10.1.1.1. Considérations techniques

Toutefois, si ces systèmes peuvent être facilement installés, ils ont également quelques désavantages :

- les appels de puissance liés au démarrage des pompes à chaleur peuvent être un problème dans le cadre de la gestion du réseau électrique. Ainsi, un client qui installerait une pompe à chaleur dépourvue d'un démarrage progressif pour limiter l'appel de puissance, serait susceptible d'engendrer des chutes de tension sur le réseau qui nécessiterait un renforcement coûteux,
- le COefficient de Performance (COP) qui représente la performance énergétique de la pompe à chaleur fonctionnant en mode chauffage est donné pour une température extérieure de 7°C. Plus le milieu sera froid et plus l'efficacité énergétique de la PAC diminue. La pompe à chaleur consomme alors de l'électricité pour subvenir aux besoins de chaleur de l'habitation,
- un des modules de la pompe à chaleur est installé à l'extérieur de l'habitation, suivant les modèles, cela peut engendrer des nuisances sonores pour le voisinage. L'intégration architecturale de ce module peut, en outre, poser des problèmes dans des secteurs protégés au titre du patrimoine culturel.

Gisement net pour des pompes à chaleur aérothermiques sur les maisons existantes (recensement Insee) :

Pour les maisons existantes, seules les quelques maisons alimentées par le chauffage urbain ne sont pas prises en compte. Toutes les maisons existantes représentent une cible potentielle pour un système de chauffage équipé d'une pompe à chaleur air/air ou air/eau. Seule la capacité d'investissement des propriétaires (31%) vient minorer le gisement net.

AEROTHERMIE DANS L'HABITAT EXISTANT				
Nombre total de maisons (cible totale)	181 060	20 966	154 550	680 529
Energie de chauffage	électricité	gaz propane	fuel	gaz naturel
Gisement net aérothermie (nb d'installations)	56 129	6 499	47 910	210 964
Gisement net annuel (nb d'installations)	2 806/an	325/an	2 396/an	10 548/an

Le gisement net annuel tient compte du renouvellement des équipements de chauffage (tous les vingt ans environ).

Gisement net pour des pompes à chaleur aérothermiques sur les maisons neuves (recensement Insee) :

Contrairement aux maisons existantes qui nécessitent bien souvent l'installation d'une pompe à chaleur d'une puissance de plusieurs kilowatts, dans les nouvelles constructions les besoins de chaleur étant beaucoup plus faible, lorsque la pompe à chaleur est couplée à une VMC double flux, une puissance d'un kilowatt suffit pour chauffer une maison de 130 m².

Le gisement net pour ce type d'installation est la totalité des maisons construites chaque année (8 000 maisons) et si l'on tient compte de la capacité d'investissement des propriétaires (31%), le gisement net annuel représente 2 480 installations par an.

10.2. SYNTHÈSE DES GISEMENTS NETS POUR LES INSTALLATIONS AEROTHERMIQUES

La production d'énergie renouvelable d'une pompe à chaleur aérothermique (soit les 2/3 de la production totale) sur une maison existante est d'environ 18 MWh/an. Sur une maison neuve on considère que les besoins de chaleur s'établissent à 30kWh/m².an pour une surface moyenne de 104 m². Cela représente environ 2 MWh/an de production d'énergie renouvelable (on ne prend que 2/3 de la production le 3^{ème} tiers étant fourni par l'électricité du réseau).

INSTALLATIONS AEROTHERMIQUES GISEMENTS NETS				
			AEROTHERMIE INDIVIDUELLE	TOTAL
dans l'existant	nombre :	321 503		321 503
	MWh/an* :	5 883 498		5 883 498 MWh/an
sur le neuf par an	nombre :	2 480		2 480
	MWh/an* :	5 158		5 158 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 :

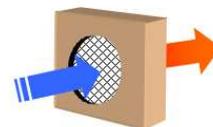
INSTALLATIONS AEROTHERMIQUES GISEMENTS NETS				
			AEROTHERMIE INDIVIDUELLE	TOTAL
dans l'existant	nombre :	1 037 105		1 037 105
	MWh/an* :	18 979 025		18 979 025 MWh/an
sur le neuf par an	nombre :	8 000		8 000
	MWh/an* :	16 640		16 640 MWh/an

* Il s'agit de la quantité de chaleur renouvelable et non de la quantité de chaleur produite au total

Sources : AXENNE

10.3. LES GISEMENTS PLAUSIBLES DES FILIERES AEROTHERMIQUES

Pour l'évaluation des gisements plausibles nous repartons du gisement net qui ne tient pas compte de la capacité financière des maîtres d'ouvrages.



Compte tenu de l'engouement des maîtres d'ouvrages pour ces pompes à chaleur nous avons pris une hypothèse qui tient compte de la dynamique actuelle sur ces installations, à savoir :

- environ 50 000 installations sur les maisons existantes à fin 2020 (soit 5% du gisement net et 4,4% de toutes les maisons) et 100 000 à fin 2050 soit (10% des gisements nets et 8,8% de toutes les maisons),
- sur les maisons neuves, 30 % du gisement net soit 2 300 installations en moyenne par an (sur un total de 8 000 maisons construites chaque année) à l'horizon 2020.

10.4. TABLEAU RECAPITULATIF GENERAL POUR L'AÉROTHERMIE

2020	Proposition d'un objectif en % du gisement identifié						Réalisation à fin 2009	Réalisation entre 2010 2020	Réalisations par an entre 2010 2020	Production totale en 2020	t CO ₂ évité /an en 2020	Nb d'emplois liés à la fabric. et l'inst.	Nb d'emplois annuels liés à l'exploit.
	SUR L'EXISTANT			SUR LE NEUF (réalisation par an)									
	%	nb d'inst.	MWh/an	%	nb d'inst.	MWh/an	MWh/an	MWh/an	nb/an	MWh/an	t CO ₂	nb d'emplois	nb d'emplois
Aérothermie - PAC Maison aérothermie (air/air, air/eau) 	5%	51 855	948 951 MWh/an	29%	2 315	4 815 MWh/an		1 001 913	7 029				
Sous-total aérothermie PAC :		51 855	948 951 MWh/an		2 315	4 815 MWh/an	260 280	1 001 913	7 500	1 262 193	340 792	nc	nc

2050	Proposition d'un objectif en % du gisement identifié						Réalisation à fin 2009	Réalisation entre 2010 2050	Réalisations par an entre 2010 2050	Production totale en 2050	t CO ₂ évité /an en 2050	Nb d'emplois liés à la fabric. et l'inst.	Nb d'emplois annuels liés à l'exploit.
	SUR L'EXISTANT			SUR LE NEUF (réalisation par an)									
	%	nb d'inst.	MWh/an	%	nb d'inst.	MWh/an	MWh/an	MWh/an	nb/an	MWh/an	t CO ₂	nb d'emplois	nb d'emplois
Aérothermie - PAC Maison aérothermie (air/air, air/eau) 	10%	103 711	1 897 902 MWh/an	19%	1 528	3 179 MWh/an		2 028 240	4 058				
Sous-total aérothermie PAC :		103 711	1 897 902 MWh/an		1 528	3 179 MWh/an	260 280	2 028 240	4 121	2 288 520	617 900	nc	nc

11. L'ÉOLIEN

11.1. LE GISEMENT ÉOLIEN

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.

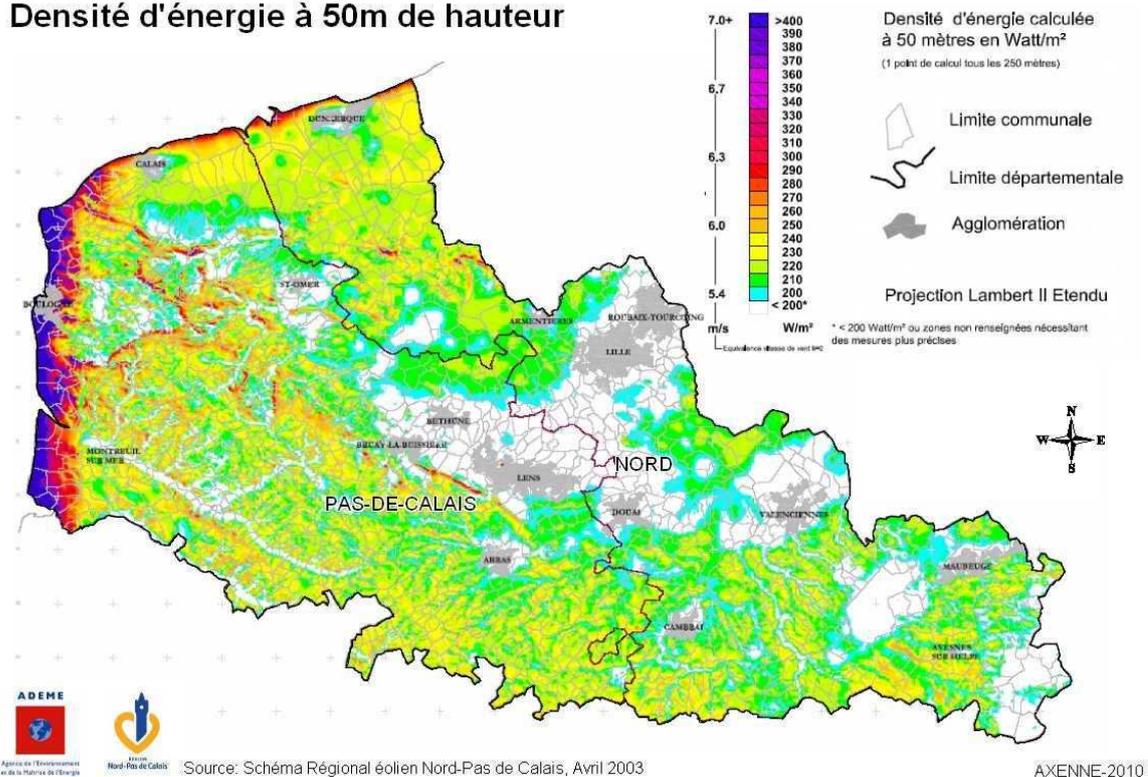
Les cartes de relief et de rugosité sont obtenues à partir de données cartographiques fournies par l'IGN, et les données de vent à partir des mesures des stations de Météo-France.

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.

Densité d'énergie à 50m de hauteur



Carte 16. Gisement éolien de la région Nord-Pas-de-Calais à 50m de hauteur [W/m^2]

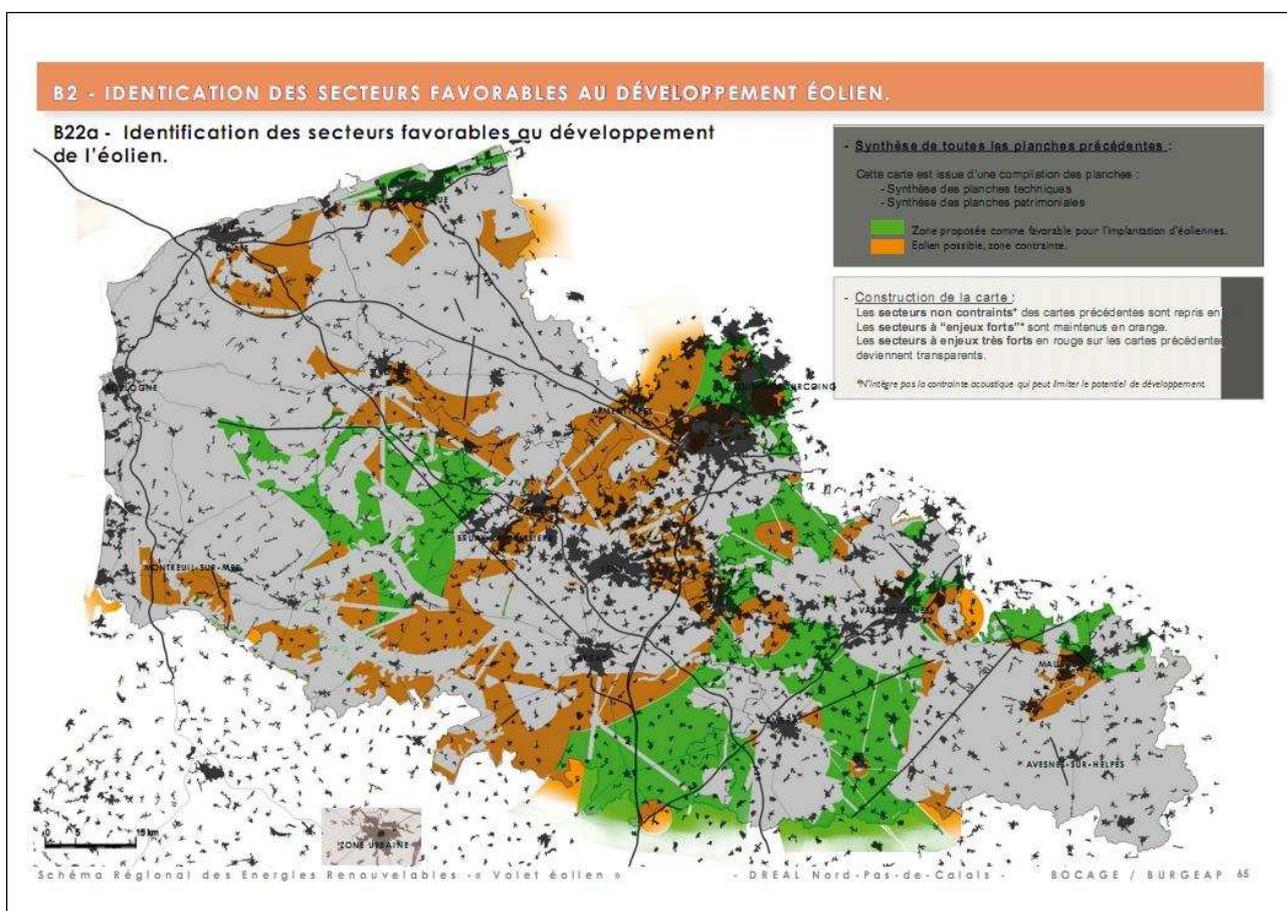
La plage de variation de la densité d'énergie à 50 m de hauteur sur la région est importante : certaines zones présentent des densités inférieures à 200W/m^2 , le bord de mer présente des densités supérieures à 400W/m^2 .

Si l'on considère qu'une densité supérieure à 200W/m² 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.

11.2. 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 1 100 MW pour 2020 en onshore et 1 100 MW en offshore et à l'horizon 2050 un potentiel en offshore de 3 000 MW.

12. L'HYDROELECTRICITE

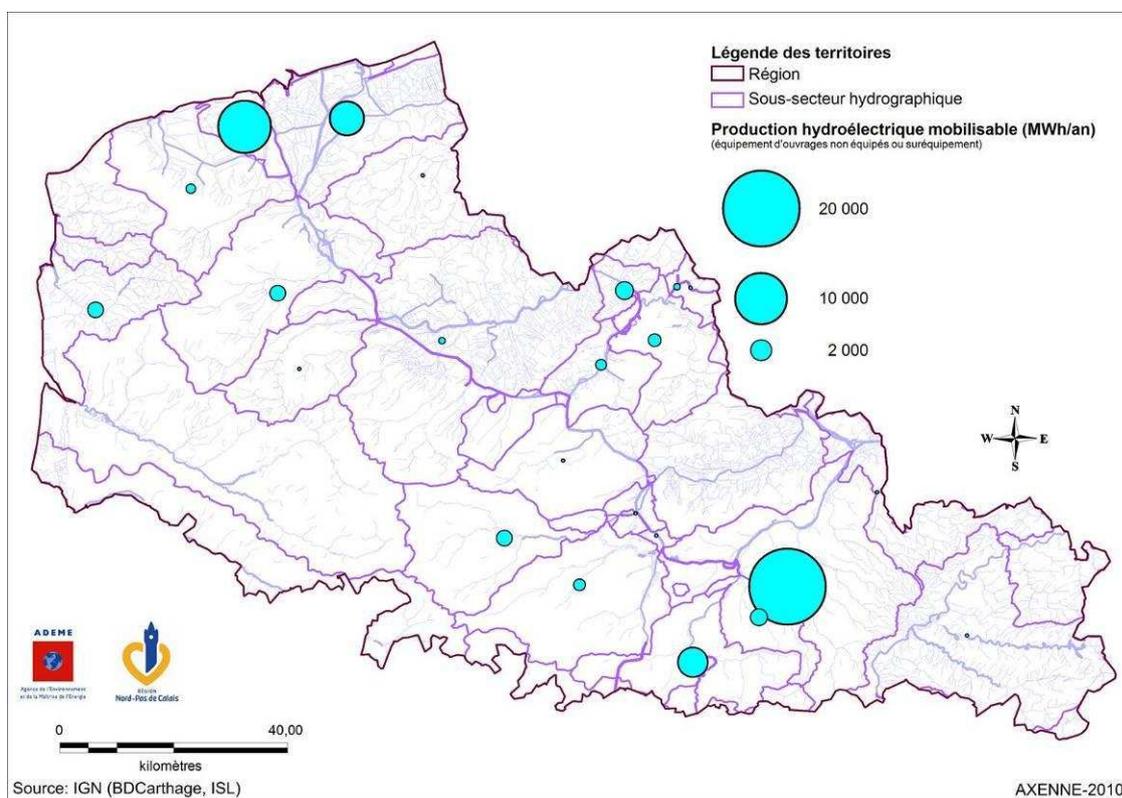
12.1. LES GISEMENTS NETS POUR L'HYDROELECTRICITE

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)

12.2. 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.

13. LA VALORISATION DES DECHETS

13.1. LES GISEMENTS NETS POUR LA VALORISATION DES DECHETS

Les usines d'incinération des déchets valorisaient beaucoup mieux la chaleur il y a quelques années.

Aussi, peut-on considérer que le gisement net est d'environ 400 000 MWh_{thermique}/an (production qu'il y avait sur le territoire) et 50 000 MWh_{électrique}/an.

13.2. LES GISEMENTS PLAUSIBLES POUR LA VALORISATION DES DECHETS

Nous avons pris comme hypothèse que 50% du gisement net pourrait être atteint en 2020, puis 100% en 2050.

14. LES FILIERES INNOVANTES

14.1. LA RECUPERATION DE LA THERMIE DES EAUX USEES

14.1.1. La technologie

14.1.1.1. 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.

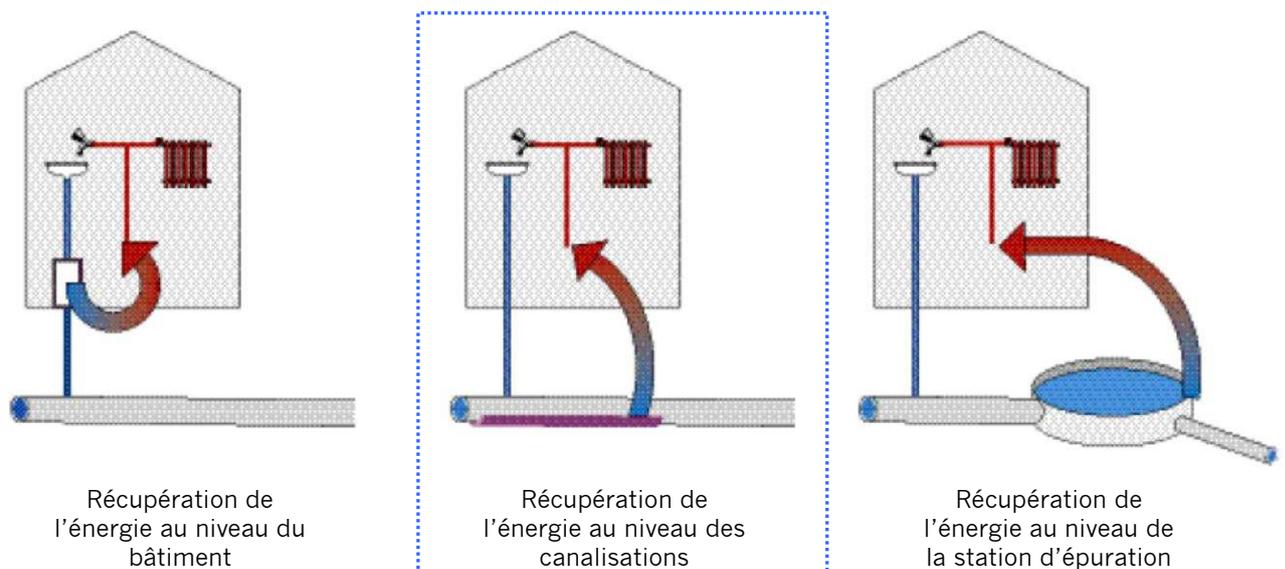


Figure 14. Récupération de l'énergie des eaux usées (Source: Gestion et services publics, Suisse)

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.

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.

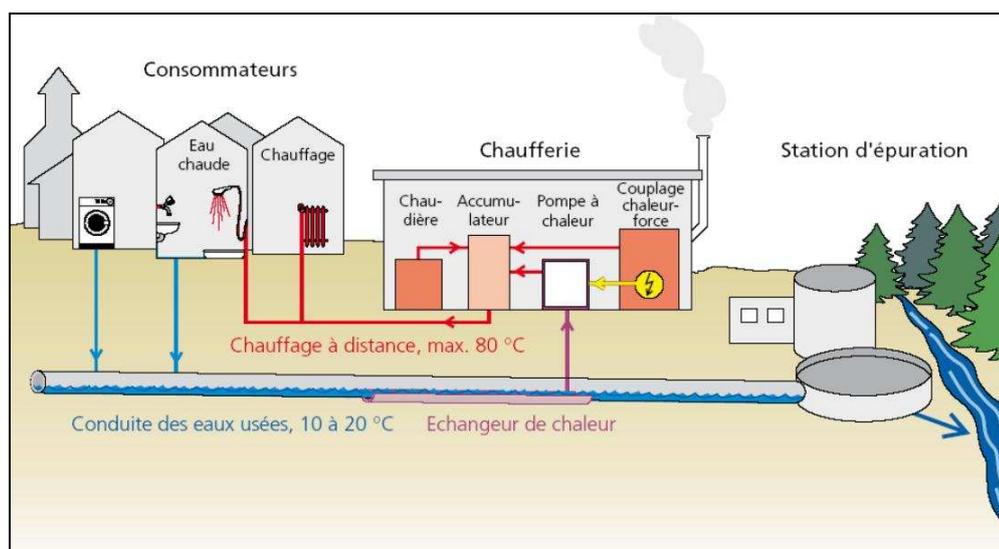


Figure 15. Principe de fonctionnement de la récupération de chaleur des eaux usées sur les canalisations (Source : Susanne Staubli)



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 biofilm¹⁵ 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/m² 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.

¹⁵ 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.

La Lyonnaise des Eaux¹⁶ propose des ordres de grandeur¹⁷ 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 m² 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.

▪ 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. Bâtiments les plus adaptés : piscines, résidence de logements, bureaux, hôpitaux, maisons de retraite, hôtels. Les salles de sports, salles de spectacles et centres commerciaux sont à éviter.
<u>Distance collecteur / bâtiments</u>	Préférable : inférieure à 350 m 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 °C)
<u>Puissance thermique</u>	Minimum 150 kW (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. 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 : OFEN¹⁸, Lyonnaise des Eaux

¹⁶ 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'.

¹⁷ 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 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. Débit favorable : entre 15 et 30 L/s 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. Renouvellement ou extension de réseau : un diamètre de 400 mm est suffisant (l'échangeur est intégré directement à la canalisation). 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) L'abaissement de la température des eaux usées peut avoir des effets négatifs sur la nitrification et l'élimination de l'azote dans les STEP à boues activées. Cet aspect doit être étudié lors de l'étude de faisabilité. 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.
<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.

¹⁸ 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 rafraîchissement est mis à disposition.

Chauffage collectif à Binningen (Suisse)	
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	~30 000 personnes raccordées au collecteur Longueur de l'échangeur : 140 m Longueur du réseau : 3,5 km Puissance de la pompe à chaleur : 380 kW (fonctionnement : 6 500 h dans l'année)
Bilan énergétique	Production d'énergie : 2 400 MWh/an Part d'énergie fournie par les eaux usées : 14 %
Émissions évitées	700 t de CO ₂
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 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 : ~12 % par rapport à un chauffage à gaz
Actions de la commune	Le plan directeur communal de Winterthur donne la priorité aux énergies renouvelables. 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).

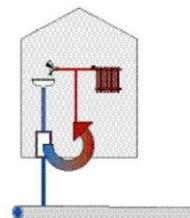
<i>Chauffage du nouveau centre aquatique, Levallois</i>	
Type de bâtiments alimentés	Centre aquatique + cinq logements 
Volume chauffé	800 m ³ d'eau à 28 °C
Caractéristiques techniques	Longueur de l'échangeur : 80 m Puissance de la pompe à chaleur : 150 kW
Objectif de part d'énergie fournie par le système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

14.1.1.2. 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 chaufferie augmente ensuite la température de cette eau jusqu'à 55 °C, température nécessaire à l'eau chaude sanitaire.

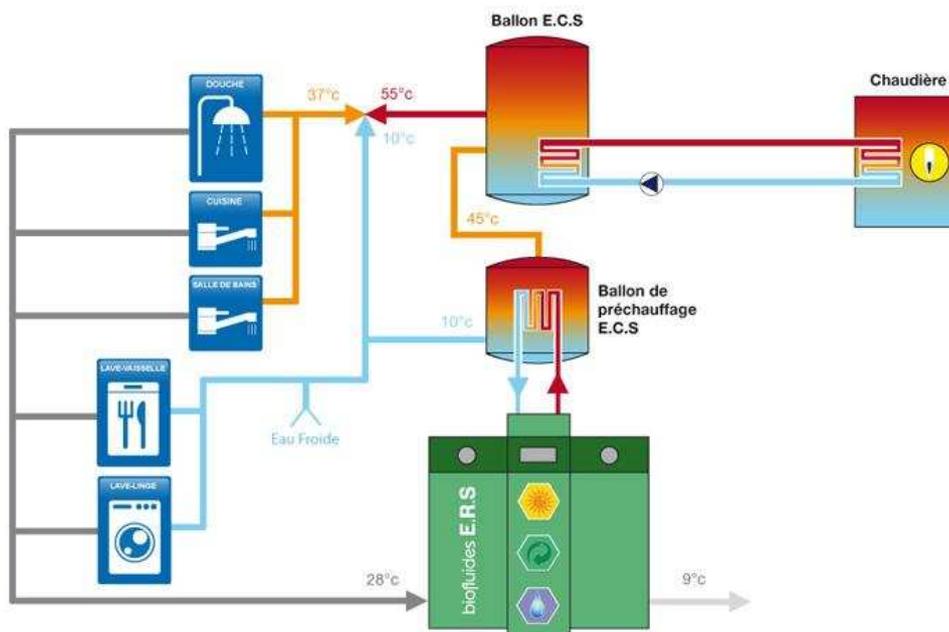


Figure 18. Schéma de principe de la récupération de chaleur sur eaux usées au niveau du bâtiment

Source : Procédé ERS, Biofluide environnement

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

ÉCONOMIES D'ENERGIE

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 Année de construction : 1985 Production de chaleur : sous station alimentée par le chauffage urbain de la ville de Courcouronnes. 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) Puissance calorifique de la PAC : 24 kW 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 ₂	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 SHON : 2 855 m ²
Caractéristiques techniques	ECS : Installation de récupération de chaleur sur eaux usées alimentant un ballon tampon de 1 500 L 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 ² 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.

14.1.2. Caractéristiques technico-économiques

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

COUTS D'INVESTISSEMENT

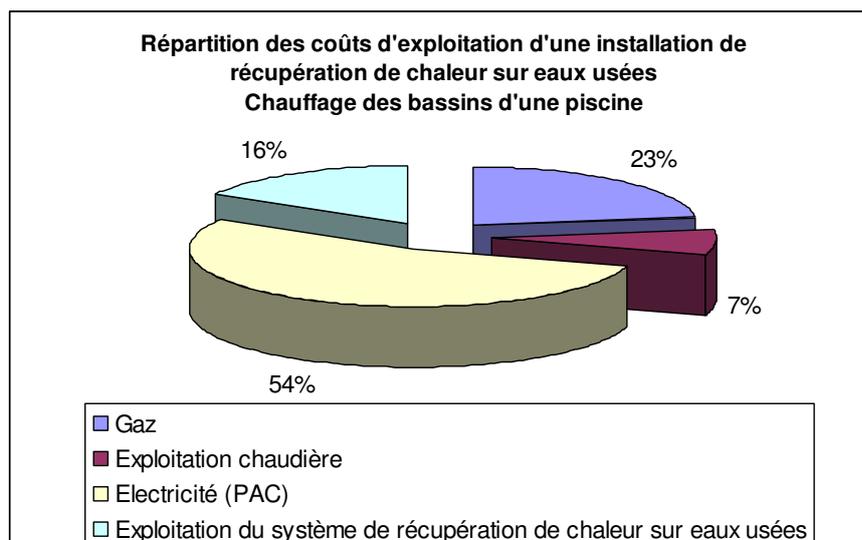
L'investissement est notamment fonction de la puissance thermique de l'installation, du débit des eaux usées au niveau des bâtiments à alimenter, de la configuration du réseau d'assainissement, de la distance entre la canalisation et la chaufferie, et de la distance entre la chaufferie et les consommateurs.

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.

14.1.2.2. 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.

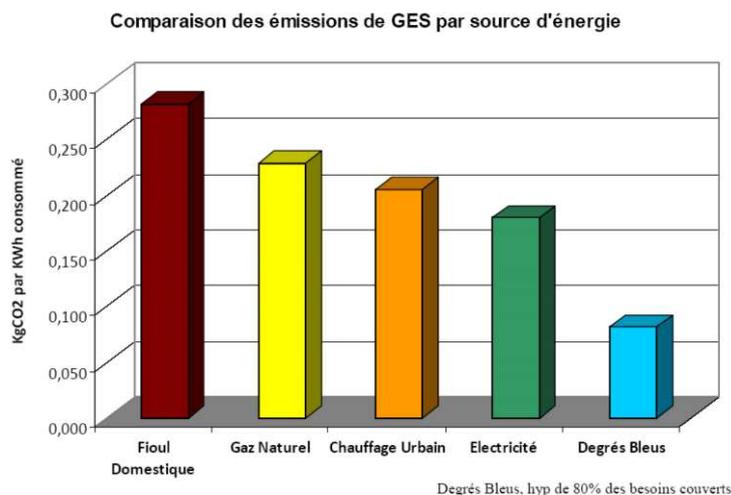
Le retour sur investissement serait de 17 ans sur la base de 10 logements, et serait inférieur à 10 ans pour plus de 50 logements.

14.1.3. Caractéristiques environnementales

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

La diminution des émissions de CO₂ 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 CO₂ 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)

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

Une économie 38 tonnes de CO₂ pour l'alimentation de 55 logements est atteignable, en comparaison de l'utilisation d'une chaudière gaz pour chauffer l'ensemble de l'ECS.

14.1.4. 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.

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

14.1.5.1. 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) :

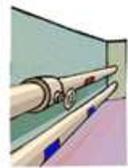
	RECUPERATION DE CHALEUR DES EAUX USEES DANS LES LOGEMENTS PRIVES EXISTANTS			
	Nombre total de logements (cible totale)	9 001	38 361	8 056
	Energie utilisée pour l'eau chaude sanitaire	Collectif Fioul	Collectif Gaz nat.	Réseau de chaleur
x 8 log./immeuble x 30%	Gisement net (nb d'installations)	328	1 396	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) :

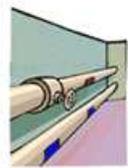
	RECUPERATION DE CHALEUR DES EAUX USEES DANS LES LOGEMENTS HLM EXISTANTS			
	Nombre total de logements (cible totale)	6 140	51 013	32 004
	Energie de chauffage	Collectif Fioul	Collectif Gaz nat.	Réseau de chaleur
x 8 log./immeuble x 30%	Gisement net (nb d'installations)	223	1 857	1 165

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

14.1.5.2. 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 DES EAUX USEES DANS LES IMMEUBLES NEUFS	
Nombre total d'immeubles (cible totale)	485/an
Energie de chauffage	Fuel, électricité, gaz, etc.
Gisement net (nb d'installations)	388/an

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

14.1.6. Synthèse des gisements nets pour les installations de récupération de chaleur

La consommation moyenne d'un logement pour l'eau chaude sanitaire s'établit à 3MWh/an. Les systèmes de récupération de chaleur pour la production d'eau chaude sanitaire couvrent environ 50% des besoins. Le chiffre de 1,5MWh/an par logement de production d'énergie renouvelable est donc retenu pour établir le bilan des gisements nets. Il y a en moyenne 8 logements par immeubles.

INSTALLATIONS DE RECUPERATION DE CHALEUR SUR LES EAUX USEES			TOTAL
dans l'existant	nombre : MWh/an :	5 262 65 059	5 262 65 059 MWh/an
sur le neuf par an	nombre : MWh/an :	388 4 800	388 4 800 MWh/an

* Il s'agit de la quantité de chaleur renouvelable et non de la quantité de chaleur produite au total

Sources : AXENNE

14.1.7. 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.

14.2. 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.

14.2.1. L'énergie houlomotrice

14.2.1.1. 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.

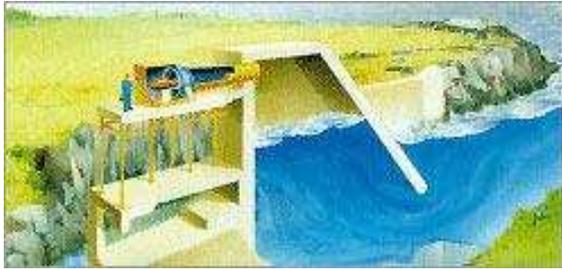
- Transformer le mouvement ondulatoire des vagues en mouvement de rotation ou de bascule d'éléments mécaniques

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.

14.2.1.2. 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.

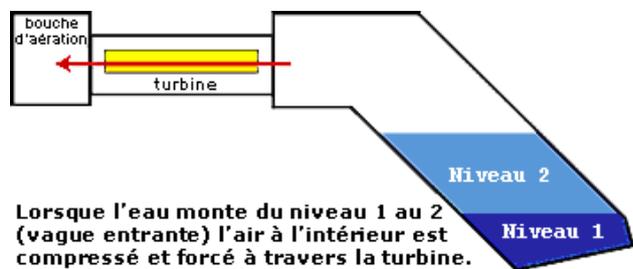
Le nombre de sociétés et de projets en cours de développement laisse présager d'un avenir certain pour ces énergies.



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

Cette installation doit prendre place sur un rivage rocheux 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.

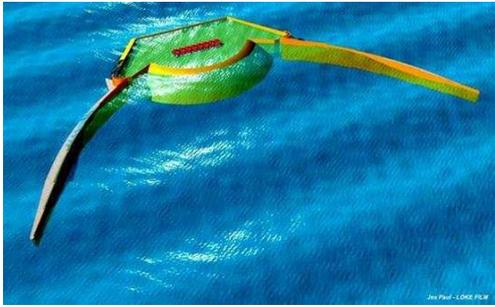


<http://www.jamstec.go.jp>

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

 <p>http://www.oceanlinx.com/</p>	<p>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.</p> <p><i>Puissance disponible :</i> 2,5 MW <i>Production annuelle :</i> nc <i>Coût du kWh :</i> nc</p> <p>Une installation « pré-commerciale » mise en place à Port Kemba (Australie) a fonctionné avec succès de mars à mai 2010.</p>
 <p>un module : 150 m et 3,5 m Ø – 700 tonnes http://www.pelamiswave.com/</p>	<p>Le mouvement des vagues entraîne la 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 <i>Production annuelle :</i> 2,7 GWh/an <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>http://www.wavedragon.net/</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) <i>Production annuelle :</i> 20 GWh/an <i>Coût du kWh :</i> 11 cts€/kWh</p> <p>Un prototype de 20kW raccordé au réseau est en fonctionnement au Danemark.</p>
 <p>http://www.ips-ab.com/</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) <i>Production annuelle :</i> 1,4GWh/an <i>Coût du kWh :</i> 4 cts€/kWh</p>

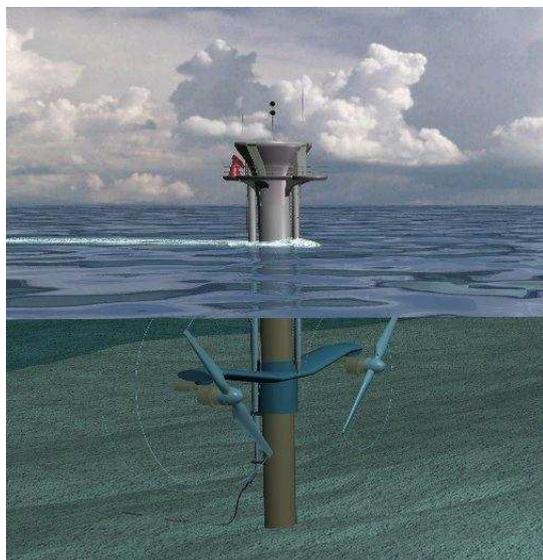
14.2.2. L'énergie hydrolienne

14.2.2.1. 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.

14.2.2.2. Mise en œuvre de la technologie

Plusieurs technologies sont en développement, à différents stades d'avancement. Les quatre technologies sont déjà expérimentées sur site.



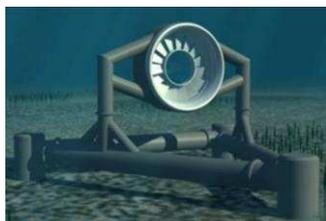
<http://www.seageneration.co.uk/>

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).



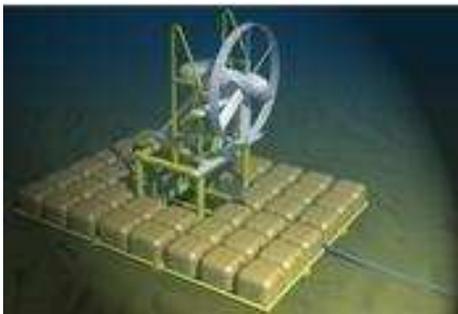
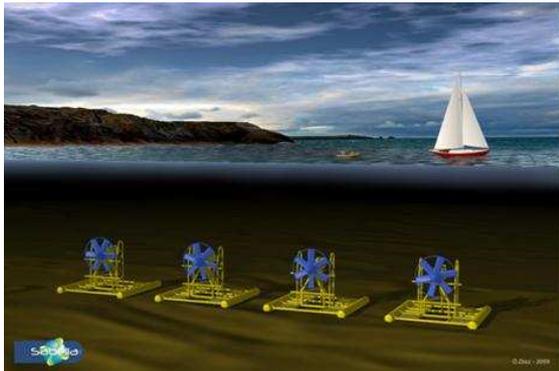
<http://www.hydro-gen.fr>

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 atterrissage.

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.

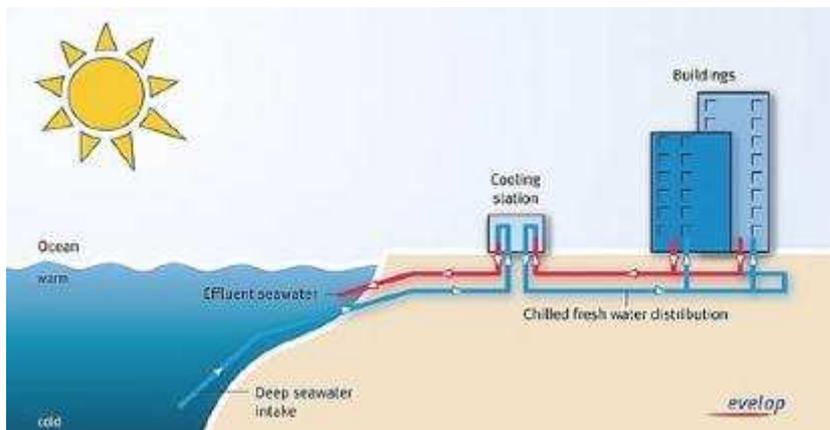
La phase industrielle de construction est entamée, et les hydroliennes devraient être commercialisées d'ici 2011-2012.

14.2.3. L'énergie thermique des mers

14.2.3.1. 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).

14.2.3.2. 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 000m² 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.

14.2.4. 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 puis une trentaine de projets au total en 2050 pour une production de 90 000 MWh/an.

15.SYNTHESE DES GISEMENTS NETS

Incluant les capacités financières des maîtres d'ouvrages

Bilan des gisements d'énergies renouvelables		Gisement identifié sur l'existant (nb d'inst.)	Gisement identifié sur l'existant	Gisement identifié sur l'existant (MWh/an)	Gisement identifié sur le neuf (nb d'inst./an)	Gisement identifié sur le neuf chaque année	Gisement identifié sur le neuf chaque année (MWh/an)
Production de chaleur	Solaire thermique						
	CESI	394 166	1 773 749 m ²	665 156 MWh/an	2 686	12 089 m ²	4 533 MWh/an
	SSC	18 658	223 902 m ²	89 561 MWh/an	1 586	19 038 m ²	7 615 MWh/an
	CESC sur les logements privés	494	46 892 m ²	19 788 MWh/an	35	3 284 m ²	1 386 MWh/an
	CESC sur les logements HLM	794	75 440 m ²	31 836 MWh/an			
	CESC hors habitat	1 439	81 741 m ²	40 870 MWh/an	201	6 702 m ²	3 351 MWh/an
	CESC - agricole						
	Chauffage de l'eau des piscines	123	11 410 m ²	3 423 MWh/an			
	Industries	42	2 125 m ²	1 594 MWh/an			
	Sous-total solaire thermique :	415 717	2 215 259 m²	852 228 MWh/an	4 508	41 112 m²	16 885 MWh/an
	Bois énergie - Chaudières automatiques						
	Maison - chaudière automatique	9 250	166 494 kW	199 793 MWh/an	422	7 589 kW	9 107 MWh/an
	Chaudières collectives				62	4 660 kW	7 830 MWh/an
	Réseaux de chaleur	50	250 000 kW	1 000 000 MWh/an			
	Sous-total bois énergie :	9 300	416 494 kW	1 199 793 MWh/an	484	12 249 kW	16 937 MWh/an
Inserts et Poêles performants							
Poêles et inserts performants	360 288	3 602 883 kW	2 269 817 MWh/an	1840	18 400 kW	11 592 MWh/an	
Sous-total chauffage au bois :	360 288	3 602 883 kW	2 269 817 MWh/an	1 840	18 400 kW	11 592 MWh/an	
Géothermie - Aérothermie PAC							
Maison géothermie verticale	38 087	457 043 kW	464 660 MWh/an				
Maison géothermie horizontale				1 704	20 448 kW	20 789 MWh/an	
Habitat collectif - sur nappe				410	25 065 kW	21 484 MWh/an	
Sous-total géothermie PAC :	38 087	457 043 kW	464 660 MWh/an	2 114	45 513 kW	42 273 MWh/an	
Aérothermie - PAC							
Maison aérothermie (air/air)	321 503	3 858 031 kW	5 883 498 MWh/an	2480	2 480 kW	5 158 MWh/an	
Sous-total aérothermie PAC :	321 503	3 858 031 kW	5 883 498 MWh/an	2 480	2 480 kW	5 158 MWh/an	
RECUP. DE CHALEUR EAUX USEES							
Immeubles collectifs privés	2 017		24 938 MWh/an	388		4 800 MWh/an	
Immeubles collectifs publics	3 245		40 121 MWh/an				
Sous-total récup. chaleur :	5 262		65 059 MWh/an	388		4 800 MWh/an	
Biogaz							
Méthanisation agricole			1 323 807 MWh/an				
Méthanisation IAA			875 963 MWh/an				
Sous-total biogaz :			2 199 770 MWh/an				
Valorisation des déchets & de la biomasse							
Aug. de la part renouv. (+20%)			400 000 MWh/an				
Sous-total incinération :			400 000 MWh/an				
Production d'électricité	Photovoltaïque						
	Maison individuelle	249 634	748 902 kW	655 290 MWh/an	1 701	5 103 kW	4 465 MWh/an
	Bâtiments	46 500	1 115 082 kW	975 697 MWh/an	143	1 640 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	119	1 567 000 kW	1 394 630 MWh/an			
	Sous-total photovoltaïque :	312 176	5 125 741 kW	4 409 429 MWh/an	2 050	40 316 kW	34 810 MWh/an
	Hydroélectricité / Hydroliennes						
	Microcentrale (création, rénovation)	105	10 300 kW	48 360 MWh/an			
	Energie de la mer	30	30 000 kW	90 000 MWh/an			
	Sous-total hydroélectricité :	135	40 300 kW	138 360 MWh/an			
	Eolien						
	Parc éolien (nb de machines)	367	1 100 000 kW	2 750 000 MWh/an			
Eoliennes urbaines	500	25 000 kW	103 750 MWh/an				
Eoliennes off shore	500	3 000 000 kW	7 500 000 MWh/an				
Sous-total éolien :	1 367	4 125 000 kW	10 353 750 MWh/an				
Biogaz							
Méthanisation agricole			926 665 MWh/an				
Méthanisation IAA			613 174 MWh/an				
Sous-total biogaz :			1 539 839 MWh/an				
Valorisation de déchets & de la biomasse							
Aug. de la part renouv. (+20%)			50 000 MWh/an				
Sous-total incinération :			50 000 MWh/an				
			29 826 202 MWh/an			132 455 MWh/an	

Les hypothèses de calcul sont indiquées en annexe.

16.SYNTHESE DES GISEMENTS NETS

Sans tenir compte de la capacité financière des maîtres d'ouvrages

Bilan des gisements d'énergies renouvelables		Gisement identifié sur l'existant (nb d'inst.)	Gisement identifié sur l'existant (MWh/an)	Gisement identifié sur l'existant (MWh/an)	Gisement identifié sur le neuf (nb d'inst./an)	Gisement identifié sur le neuf chaque année (MWh/an)	Gisement identifié sur le neuf chaque année (MWh/an)
Production de chaleur	Solaire thermique						
	CESI	804 421	3 619 896 m ²	1 357 461 MWh/an	5 482	24 670 m ²	9 251 MWh/an
	SSC	60 189	722 264 m ²	288 906 MWh/an	5 118	61 412 m ²	24 565 MWh/an
	CESC sur les logements privés	494	46 892 m ²	19 788 MWh/an	35	3 284 m ²	1 386 MWh/an
	CESC sur les logements HLM	794	75 440 m ²	31 836 MWh/an			
	CESC hors habitat	1 439	81 741 m ²	40 870 MWh/an	201	6 702 m ²	3 351 MWh/an
	CESC - agricole						
	Chauffage de l'eau des piscines	123	11 410 m ²	3 423 MWh/an			
	Industries	42	2 125 m ²	1 594 MWh/an			
	Sous-total solaire thermique :	867 502	4 559 768 m²	1 743 878 MWh/an	10 836	96 068 m²	38 553 MWh/an
	Bois énergie - Chaudières automatiques						
	Maison - chaudière automatique	29 838	537 078 kW	644 494 MWh/an	1 360	24 480 kW	29 376 MWh/an
	Chaudières collectives				62	4 660 kW	7 830 MWh/an
	Réseaux de chaleur	50	250 000 kW	1 000 000 MWh/an			
	Sous-total bois énergie :	29 888	787 078 kW	1 644 494 MWh/an	1 422	29 140 kW	37 206 MWh/an
Inserts et Poêles performants							
Poêles et inserts performants	360 288	3 602 883 kW	2 269 817 MWh/an	1 840	18 400 kW	11 592 MWh/an	
Sous-total chauffage au bois :	360 288	3 602 883 kW	2 269 817 MWh/an	1 840	18 400 kW	11 592 MWh/an	
Géothermie - Aérothermie PAC							
Maison géothermie verticale	122 861	1 474 332 kW	1 498 904 MWh/an	5 497	65 961 kW	67 060 MWh/an	
Maison géothermie horizontale				410	25 065 kW	21 484 MWh/an	
Habitat collectif - sur nappe							
Sous-total géothermie PAC :	122 861	1 474 332 kW	1 498 904 MWh/an	5 907	91 026 kW	88 545 MWh/an	
Aérothermie - PAC							
Maison aérothermie (air/air)	1 037 105	12 445 262 kW	18 979 025 MWh/an	8 000	8 000 kW	16 640 MWh/an	
Sous-total aérothermie PAC :	1 037 105	12 445 262 kW	18 979 025 MWh/an	8 000	8 000 kW	16 640 MWh/an	
RECUP. DE CHALEUR EAUX USEES							
Immeubles collectifs privés	2 017		24 938 MWh/an	388		4 800 MWh/an	
Immeubles collectifs publics	3 245		40 121 MWh/an				
Sous-total récup. chaleur :	5 262		65 059 MWh/an	388		4 800 MWh/an	
Biogaz							
Méthanisation agricole			1 323 807 MWh/an				
Méthanisation IAA			875 963 MWh/an				
Sous-total biogaz :			2 199 770 MWh/an				
Valorisation des déchets & de la biomasse							
Valorisation de l'incin. en chaleur			400 000 MWh/an				
Sous-total incinération :			400 000 MWh/an				
Photovoltaïque							
Maison individuelle	805 271	2 415 814 kW	2 113 838 MWh/an	5 487	16 460 kW	14 403 MWh/an	
Bâtiments	46 500	1 115 082 kW	975 697 MWh/an	143	1 640 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	119	1 567 000 kW	1 394 630 MWh/an				
Sous-total photovoltaïque :	867 813	6 792 653 kW	5 867 977 MWh/an	5 836	51 674 kW	44 748 MWh/an	
Hydroélectricité / Hydroliennes							
Microcentrale (création, rénovation)	105	10 300 kW	48 360 MWh/an				
Energie de la mer	30	30 000 kW	90 000 MWh/an				
Sous-total hydroélectricité :	135	40 300 kW	138 360 MWh/an				
Eolien							
Parc éolien (nb de machines)	367	1 100 000 kW	2 750 000 MWh/an				
Eoliennes urbaines	500	25 000 kW	103 750 MWh/an				
Eoliennes off shore	500	3 000 000 kW	7 500 000 MWh/an				
Sous-total éolien :	1 367	4 125 000 kW	10 353 750 MWh/an				
Biogaz							
Méthanisation agricole			926 665 MWh/an				
Méthanisation IAA			613 174 MWh/an				
Sous-total biogaz :			1 539 839 MWh/an				
Valorisation de déchets & de la biomasse							
Valorisation de l'incin. en élec.			50 000 MWh/an				
Sous-total incinération :			50 000 MWh/an				
			46 750 871 MWh/an			242 083 MWh/an	

Les hypothèses de calcul sont indiquées en annexe.

17.SYNTHESE DES POTENTIELS PLAUSIBLES EN 2020 (HORS AGRO-CARBURANTS)

Les pourcentages indiqués se basent sur les gisements nets identifiés à la page précédente (ceux qui ne tiennent pas compte de la capacité financière des maîtres d'ouvrages).

Autrement dit, on passe d'un pourcentage à 100 % sur le tableau précédent (les gisements nets), à un pourcentage plausible qui tient compte de tous les paramètres économiques et financiers et des hypothèses qui ont été choisies pour l'ensemble des installations.

2020	Proposition d'un objectif en % du gisement identifié						Réalisation à fin 2009	Réalisation entre 2010 et 2020	Réalisations par an entre 2010 et 2020	Production totale en 2020	t CO ₂ évité /an en 2020	Nb d'emplois liés à la fabric. et l'inst.	Nb d'emplois annuels liés à l'exploit.	
	SUR L'EXISTANT			SUR LE NEUF (réalisation par an)			MWh/an	MWh/an	nb/an	MWh/an	t CO ₂	nb d'emplois	nb d'emplois	
	%	nb d'inst.	MWh/an	%	nb d'inst.	MWh/an								
Solaire thermique														
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%	30	1 185 MWh/an		14 023	32		1 963	215	2,9	
CESC sur les logements HLM	20%	160	6 414 MWh/an					6 414	15		898	98	1,3	
CESC hors habitat	3%	50	1 420 MWh/an	84%	168	2 799 MWh/an		32 214	172		4 510	417	6,6	
Chauffage de l'eau des piscines	50%	62	1 711 MWh/an					1 711	6		240	37	0,4	
Industries	24%	10	382 MWh/an					382	1		54	3	0,1	
Sous-total solaire thermique :		17 506	43 678 MWh/an		3 517	9 876 MWh/an		6 479	152 311	5 267	158 790	22 951	2 445	33
Bois énergie - Chaudière automatique														
Maison - chaudière automatique	0,1%	30	644 MWh/an	0,1%	1	17 MWh/an		834	3		225			
Chaudières collectives				1%	1	100 MWh/an		1 095	1		296			
Réseaux de chaleur	50%	25	500 000 MWh/an					500 000	2		135 000			
Ss-total bois énergie - chaudière automatique :		55	500 644 MWh/an			117 MWh/an		239 470	501 930	5	741 400	200 178	940	473
Inserts et Poêles performants														
Poêles et inserts performants <i>(attention renouvellement en grande partie)</i>	100%	360 288	2 269 817 MWh/an	36%	668	4 210 MWh/an		374 635	33 422		101 151			
Sous-total bois énergie - inserts et poeles :		360 288	2 269 817 MWh/an		668,3	4 210 MWh/an		1 941 496	374 635	36 697	2 316 131	625 355	868	767
Géothermie - PAC														
Maison géothermie verticale	1%	1 800	21 960 MWh/an					21 960	164	21 960	5 929	136		
Maison géothermie horizontale				10%	524	6 391 MWh/an	5 763	70 304	524	70 304	18 982	436		
Habitat collectif - sur nappe				13%	52	2 722 MWh/an		29 940	52	29 940	8 084	186		
Sous-total géothermie PAC :		1 800	21 960 MWh/an		576	9 113 MWh/an	112 414	122 204	756	234 617	63 347	758	23	
Aérothermie - PAC														
Maison aérothermie (air/air, air/eau)	5%	51 855	948 951 MWh/an	29%	2 315	4 815 MWh/an		1 001 913	7 029					
Sous-total aérothermie PAC :		51 855	948 951 MWh/an		2 315	4 815 MWh/an	260 280	1 001 913	7 500	1 262 193	340 792	nc	nc	
RECUP. DE CHALEUR EAUX USEES														
Immeubles collectifs privés	20%	403	4 988 MWh/an	20%	78	960 MWh/an		15 548	114	15 548	4 198	96		
Immeubles collectifs publics	20%	649	8 024 MWh/an					8 024	59	8 024	2 407	50		
Sous-total recup. chaleur eaux usées :		1 052	13 012 MWh/an		78	960 MWh/an		23 572	183	23 572	6 605	146	2	
Biogaz - Production de chaleur														
Méthanisation agricole	1%		13 238 MWh/an					13 238			3 574			
Méthanisation IAA	5%		43 798 MWh/an					43 798			11 825			
Sous-total biogaz chaleur :			57 036 MWh/an					62 659	57 036	119 695	32 318	67	8	
Valorisation déchets / biomasse														
Valorisation de l'incin. en chaleur	50%		200 000 MWh/an					200 000		200 000	54 000	426		
Sous-total incinération :			200 000 MWh/an					24 077	200 000	224 077	60 501	426	21	
							TOTAL THERMIQUE (MWh/an)							
							Production thermique (MWh/an)			5 080 475			5 503	1 325
							équivalent tep/an			436 921				
							rejet de CO ₂ évité (tCO ₂ /an)			1 352 046				

2020		Proposition d'un objectif en % du gisement identifié					Réalisation à fin 2009	Réalisation entre 2010 et 2020	Réalisations par an entre 2010 et 2020	Production totale en 2020	t CO ₂ évité /an en 2020	Nb d'emplois liés à la fabric. et l'inst.	Nb d'emplois annuels liés à l'exploit.			
		SUR L'EXISTANT			SUR LE NEUF (réalisation par an)		MWh/an	MWh/an	nb/an	MWh/an	t CO ₂	nb d'emplois	nb d'emplois			
		%	nb d'inst.	MWh/an	%	nb d'inst.								MWh/an		
Production d'électricité	Photovoltaïque															
	Maison individuelle	0,5%	4 000	10 500 MWh/an	51%	2 791	7 327 MWh/an		91 102	3 155	27 330	3 123				
	Bâtiments	2%	800	16 786 MWh/an	48%	68	684 MWh/an		24 306	141	7 292	833				
	Enseignement / équipements sportifs	2%	30	1 575 MWh/an	47%	12	318 MWh/an		5 072	15	1 522	174				
	Grandes toitures (industrielles, stockage)	4%	500	40 040 MWh/an	37%	33	3 299 MWh/an		76 325	78	22 898	2 617				
	Bâtiments agricoles	44%	400	81 070 MWh/an	72%	64	13 754 MWh/an		232 364	101	69 709	7 967				
	Ombrières de parking	5%	6	2 754 MWh/an					2 754	1	826	94				
	Centrales photovoltaïques	17%	20	237 087 MWh/an					237 087	2	71 126	8 129				
	Sous-total solaire photovoltaïque :			5 756	389 812 MWh/an		2 969	25 382 MWh/an		6 158	669 010	3 545	675 169	202 551	19 814	253
	Hydroélectricité															
Microcentrale (création, rénovation)	50%	53	24 180 MWh/an						24 180	5	6 891					
Energie de la mer	33%	10	30 000 MWh/an						30 000	1	9 000					
Sous-total hydroélectricité :			62,5	54 180 MWh/an			0 MWh/an		1 854	54 180	6	56 034	729 036	1 529	33	
Eolien																
Parc éolien (nb de machines)	100%	367	2 750 000 MWh/an						2 750 000	33	825 000	8 556				
Eoliennes urbaines	100%	500	103 750 MWh/an						103 750	45	31 125	194				
Eoliennes off shore	37%	183	2 750 000 MWh/an						2 750 000		825 000	8 556				
Sous-total éolien :			1 050	5 603 750 MWh/an			0 MWh/an		748 375	5 603 750	105	6 352 125	1 682 973	17 306	895	
Biogaz - Production d'électricité																
Méthanisation agricole	1%		9 267 MWh/an						9 267							
Méthanisation IAA	5%		30 659 MWh/an						30 659							
Sous-total biogaz électricité :				39 925 MWh/an			0 MWh/an		9 574	39 925		49 500	67 140	11	3	
Valorisation des déchets / biomasse																
Valorisation de l'incin. en élec.	50%		25 000 MWh/an						25 000		25 000	7 500	53			
Sous-total incinération :				25 000 MWh/an			0 MWh/an		155 527	25 000		180 527	8 323	53	17	
						TOTAL ELECTRIQUE (MWh/an)										
						Production électrique (MWh/an)				7 313 354						
						équivalent tep/an				628 948						
						rejet de CO2 évité (tCO2/an)				2 690 023						
TOTAL TOUTES ENERGIES RENOUVELABLES MWh/an :						3 568 363	8 825 466	54 065	12 393 829	4 042 069	44 362	2 529				

18.SYNTHESE DES POTENTIELS PLAUSIBLES EN 2050 (HORS AGRO-CARBURANTS)

2050	Proposition d'un objectif en % du gisement identifié						Réalisation à fin 2009	Réalisation entre 2010 2050	Réalisations par an entre 2010 2050	Production totale en 2050	t CO ₂ évité /an en 2050	Nb d'emplois liés à la fabric. et l'inst.	Nb d'emplois annuels liés à l'exploit.	
	SUR L'EXISTANT			SUR LE NEUF (réalisation par an)			MWh/an	MWh/an	nb/an	MWh/an	t CO ₂	nb d'emplois	nb d'emplois	
	%	nb d'inst.	MWh/an	%	nb d'inst.	MWh/an								
Solaire thermique														
CESI	5%	40 000	67 500 MWh/an	36%	1 947	3 286 MWh/an		202 214	2 947	28 310	3 492	41,7		
SSC	7%	4 000	19 200 MWh/an	1%	27	131 MWh/an		24 570	125	6 634	398	5,1		
CESC sur les logements privés	20%	100	4 009 MWh/an	45%	16	626 MWh/an		29 661	18	4 153	455	6,1		
CESC sur les logements HLM	63%	500	20 045 MWh/an	45%				20 045	12	2 806	308	4,1		
CESC hors habitat	14%	200	5 681 MWh/an	45%	90	1 494 MWh/an		66 919	94	9 369	867	13,8		
Chauffage de l'eau des piscines	80%	98	2 738 MWh/an					2 738	2	383	59	0,6		
Industries	71%	30	1 125 MWh/an					1 125	1	158	10	0,2		
Sous-total solaire thermique :		44 928	120 299 MWh/an		2 080	5 536 MWh/an		6 479	347 272	3 203	353 751	52 050	5 589	73
Bois énergie - Chaudière automatique														
Maison - chaudière automatique	1%	298	6 445 MWh/an	0,02%	1	5 MWh/an		6 652	8	1 796				
Chaudières collectives				0,4%	1	29 MWh/an		1 195	1	323				
Réseaux de chaleur	100%	50	1 000 000 MWh/an					1 000 000		270 000				
Ss-total bois énergie - chaudière automatique :		348	1 006 445 MWh/an			34 MWh/an		239 470	1 007 847	9	1 247 317	336 776	1 894	794
Inserts et Poêles performants														
Poêles et inserts performants <i>(attention renouvellement en grande partie)</i>	100%	360 288	2 269 817 MWh/an	14%	263	1 656 MWh/an		67 912	9 050	18 336				
Sous-total bois énergie - inserts et poeles :		360 288	2 269 817 MWh/an		262,9	1 656 MWh/an		1 941 496	67 912	9 270	2 337 729	542 540	235	774
Géothermie - PAC														
Maison géothermie verticale	2%	2 500	30 500 MWh/an					30 500	61	30 500	8 235	189		
Maison géothermie horizontale				3%	141	1 715 MWh/an	1 546	70 304	141	70 304	18 982	436		
Habitat collectif - sur nappe				7%	30	1 583 MWh/an		64 888	30	64 888	17 520	402		
Sous-total géothermie PAC :		2 500	30 500 MWh/an		171	3 297 MWh/an		112 414	165 692	233	278 105	75 088	1 027	27
Aérothermie - PAC														
Maison aérothermie (air/air, air/eau)	10%	103 711	1 897 902 MWh/an	19%	1 528	3 179 MWh/an		2 028 240	4 058					
Sous-total aérothermie PAC :		103 711	1 897 902 MWh/an		1 528	3 179 MWh/an		260 280	2 028 240	4 121	2 288 520	617 900	nc	nc
RECUP. DE CHALEUR EAUX USEES														
Immeubles collectifs privés	50%	1 009	12 469 MWh/an	50%	194	2 400 MWh/an		110 869	219	110 869	29 935	687		
Immeubles collectifs publics	50%	1 623	20 060 MWh/an					20 060	40	20 060	6 018	124		
Sous-total récup. chaleur eaux usées :		2 631	32 530 MWh/an		194	2 400 MWh/an		130 930	260	130 930	35 953	812	13	
Biogaz - Production de chaleur														
Méthanisation agricole	2%		26 476 MWh/an					26 476		7 149				
Méthanisation IAA	10%		87 596 MWh/an					87 596		23 651				
Sous-total biogaz chaleur :			114 072 MWh/an			0 MWh/an		62 659	114 072		176 731	47 717	134	12
Valorisation déchets / biomasse														
Valorisation de l'incin. en chaleur	100%		400 000 MWh/an					400 000		400 000	108 000	852		
Sous-total incinération :			400 000 MWh/an			0 MWh/an		24 077	400 000		424 077	114 501	852	40
							TOTAL THERMIQUE (MWh/an)							
							Production thermique (MWh/an)			7 237 160		9 731	1 720	
							équivalent tep/an			622 396				
							rejet de CO ₂ évité (tCO ₂ /an)			1 822 526				

2050		Proposition d'un objectif en % du gisement identifié					Réalisation à fin 2009	Réalisation entre 2010 2050	Réalisations par an entre 2010 2050	Production totale en 2050	t CO ₂ évité /an en 2050	Nb d'emplois liés à la fabric. et l'inst.	Nb d'emplois annuels liés à l'exploit.	
		SUR L'EXISTANT			SUR LE NEUF (réalisation par an)		MWh/an	MWh/an	nb/an	MWh/an	t CO ₂	nb d'emplois	nb d'emplois	
		%	nb d'inst.	MWh/an	%	nb d'inst.								MWh/an
Production d'électricité	Photovoltaïque													
	Maison individuelle	1%	12 000	31 500 MWh/an	33%	1 822	4 782 MWh/an		227 576	2 115	68 273	7 803		
	Bâtiments	4%	2 000	41 965 MWh/an	33%	48	478 MWh/an		61 583	97	18 475	2 111		
	Enseignement / équipements sportifs	12%	200	10 502 MWh/an	33%	8	225 MWh/an		19 719	13	5 916	676		
	Grandes toitures (industrielles, stockage)	19%	2 500	200 200 MWh/an	30%	27	2 663 MWh/an		309 396	88	92 819	10 608		
	Bâtiments agricoles	89%	800	162 139 MWh/an	42%	37	7 979 MWh/an		489 282	57	146 784	16 775		
	Ombrières de parking	24%	30	13 434 MWh/an					13 434	1	4 030	461		
	Centrales photovoltaïques	34%	40	474 174 MWh/an					474 174	1	142 252	16 257		
	Sous-total solaire photovoltaïque :		17 570	933 915 MWh/an		1 942	16 128 MWh/an	6 158	1 595 164	2 381	1 601 322	480 397	46 889	600
	Hydroélectricité													
Microcentrale (création, rénovation)	50%	53	24 180 MWh/an					24 180	1	6 891				
Energie de la mer	100%	30	90 000 MWh/an					90 000	1	27 000				
Sous-total hydroélectricité :		82,5	114 180 MWh/an			0 MWh/an	1 854	114 180	2	116 034	747 036	703	68	
Eolien														
Parc éolien (nb de machines)	100%	367	2 750 000 MWh/an					2 750 000	9	825 000	8 556			
Eoliennes urbaines	100%	500	103 750 MWh/an					103 750	12	31 125	194			
Eoliennes off shore	100%	500	7 500 000 MWh/an					7 500 000		2 250 000	23 333			
Sous-total éolien :		1 367	10 353 750 MWh/an			0 MWh/an	748 375	10 353 750	34	11 102 125	3 107 973	32 083	1 564	
Biogaz - Production d'électricité														
Méthanisation agricole	2%		18 533 MWh/an					18 533						
Méthanisation IAA	10%		61 317 MWh/an					61 317						
Sous-total biogaz électricité :			79 851 MWh/an			0 MWh/an	9 574	79 851		89 425	69 920	22	6	
Valorisation des déchets / biomasse														
Valorisation de l'incin. en élec.	100%		50 000 MWh/an					50 000		50 000	15 000	107		
Sous-total incinération :			50 000 MWh/an			0 MWh/an	155 527	50 000		205 527	15 823	107	20	
TOTAL ELECTRIQUE (MWh/an)														
Production électrique (MWh/an)										13 114 433				
équivalent tep/an										1 127 841				
rejet de CO2 évité (tCO2/an)										4 421 149				
TOTAL TOUTES ENERGIES RENOUVELABLES MWh/an :						3 308 083	14 426 669	15 392	20 351 593	6 243 675	90 346	3 991		

Pour le tableau à la page précédente (les gisements plausibles en 2050), les installations envisagées sur l'existant pourront être réalisées sur quarante et un ans (période 2010 – fin 2050). Les réalisations envisagées sur les constructions neuves se répètent chaque année.

Ainsi, pour les installations photovoltaïques sur les maisons individuelles, 1 822 installations sont réalisées chaque année pendant 41 ans (période 2010 – fin 2050) sur les maisons neuves et 12 000 installations sont également réalisées sur le parc existant des maisons sur cette même période ; la production atteinte est alors 227 576 MWh/an indiquée dans la colonne « réalisation entre 2010 et 2050 » :

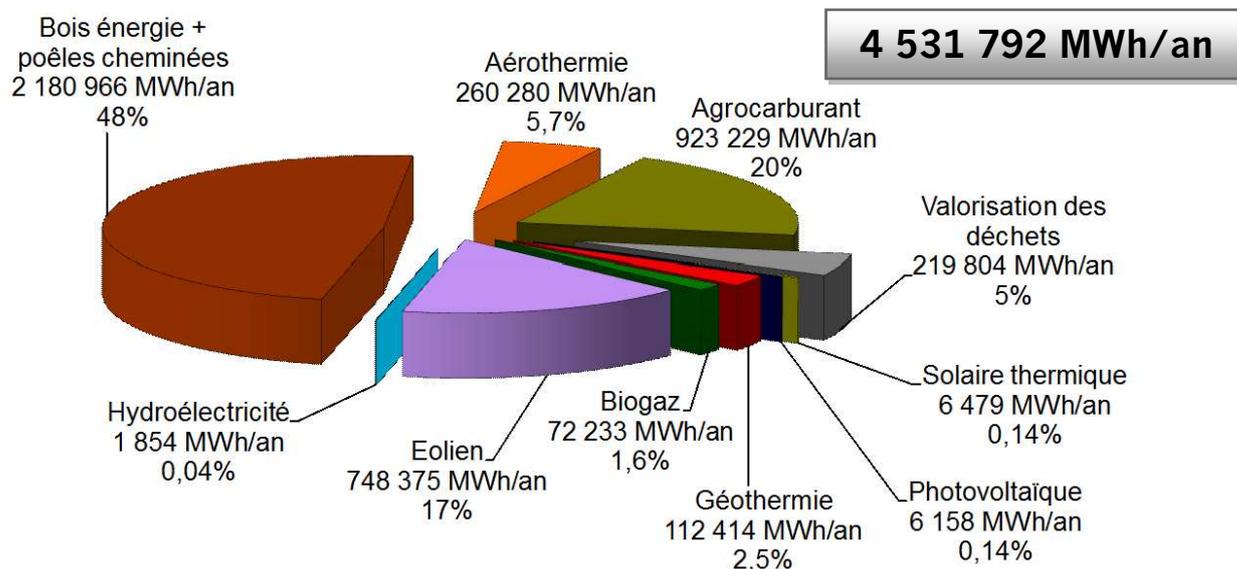
$$227\,576 \text{ MWh/an} = 31\,500 \text{ MWh/an}_{\text{existant}} + 4\,782 \text{ MWh/an}_{\text{neuf}} \times 41 \text{ ans (aux arrondis près)}$$

La colonne « Production totale en 2050 » présente la production totale d'énergie à partir des installations énergies renouvelables à la fin de l'année 2050 : sont additionnées les productions d'énergie à partir des installations existantes (le bilan à fin 2009) et de celles à réaliser.

19. PROPOSITION D'UN MIX ENERGETIQUE

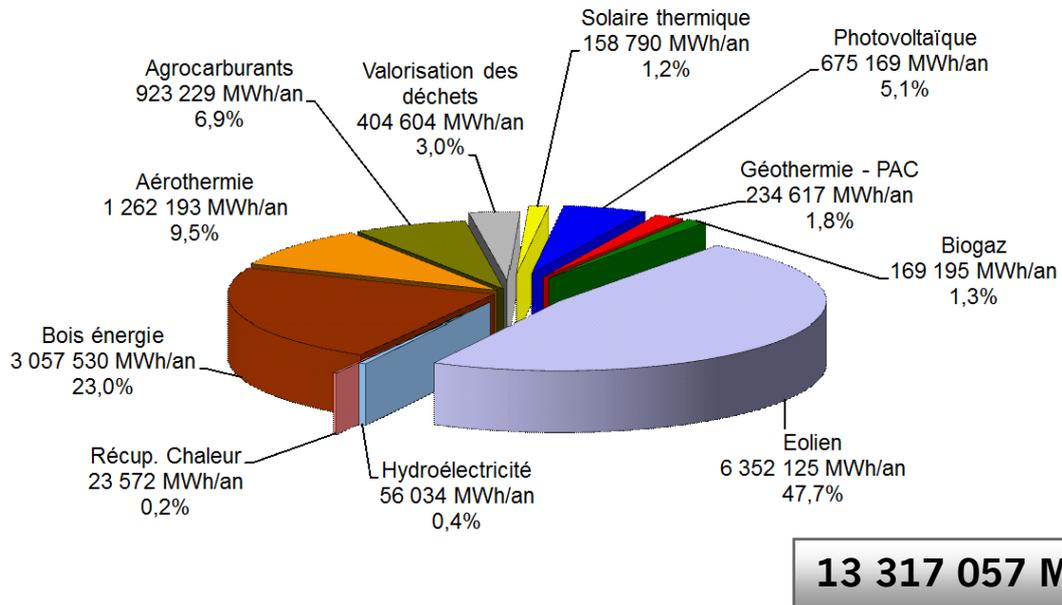
19.1. RAPPEL DE LA PRODUCTION TOTALE DES ENRS A FIN 2009 (AVEC LES AGRO-CARBURANTS)

Production des filières renouvelables en 2009

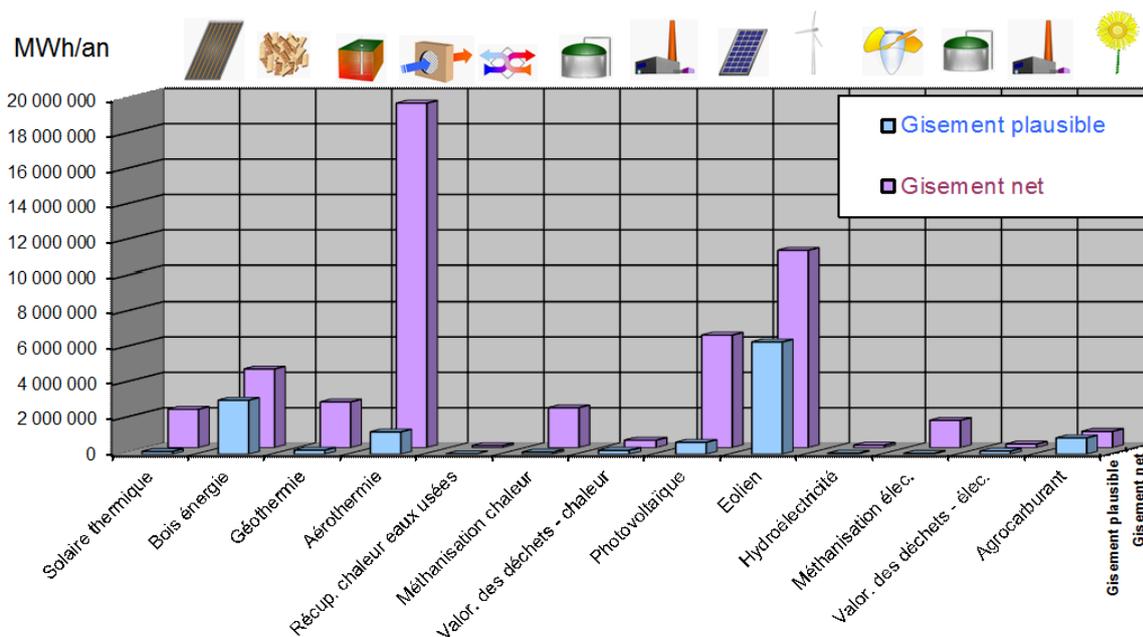
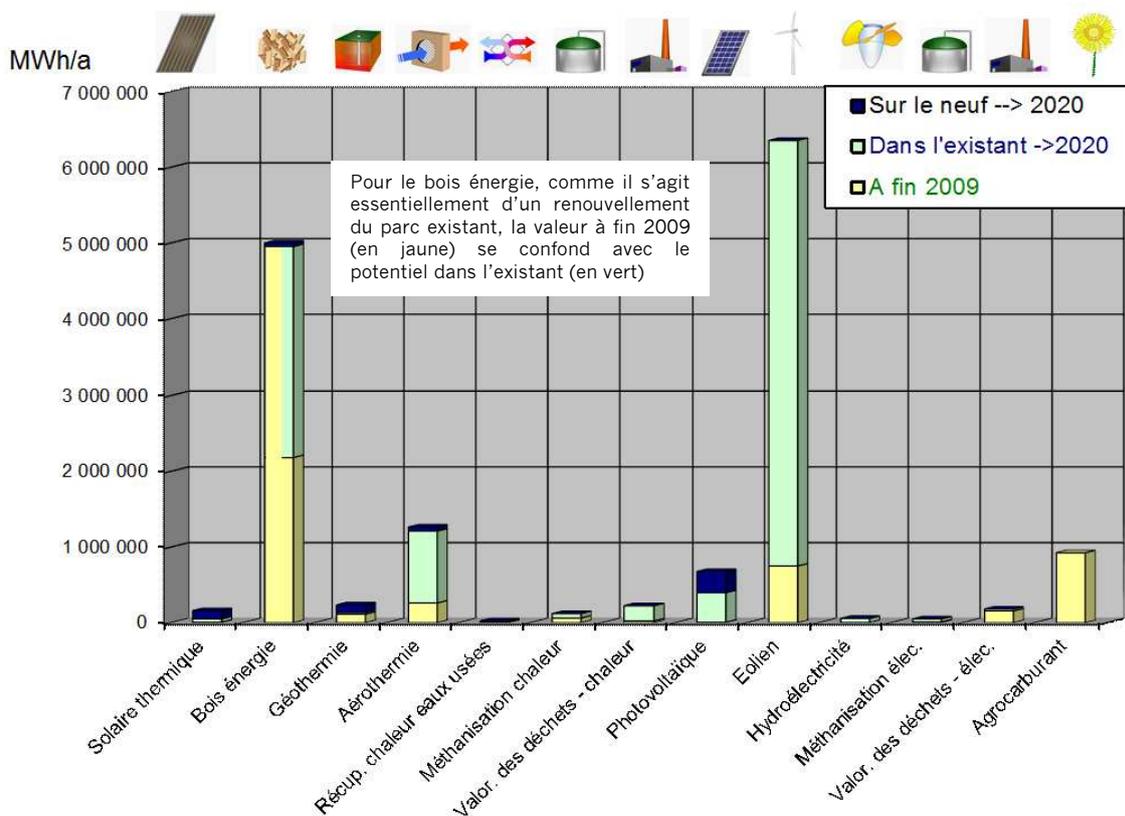


19.2. REPARTITION DE LA PRODUCTION TOTALE DES ENRS EN 2020 (AVEC LES AGRO-CARBURANTS)

Production des filières renouvelables en 2020



19.3. PERSPECTIVE DE DEVELOPPEMENT DES FILIERES A L'HORIZON 2020



Nets 51 724 GWh/an

Plausibles 13 317 GWh/an

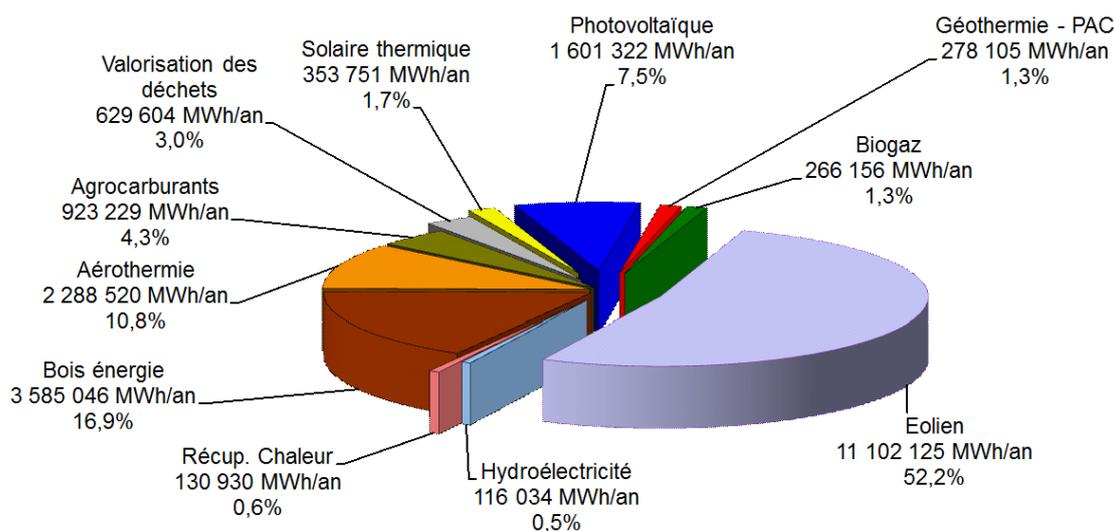
Le premier graphique à la page précédente représente une vue plausible du paysage énergétique pour les filières énergies renouvelables à l'horizon 2020. Il met en évidence la part importante actuelle (en jaune) des filières bois-énergie, agro-carburant et éolien. Le scénario en poursuite de tendance 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 **13 317 057 MWh/an en 2020**, soit 10,6 % de la consommation totale si celle-ci baisse de 20% dans le même temps.

19.4. REPARTITION DE LA PRODUCTION TOTALE DES ENRS EN 2050 (AVEC LES AGRO-CARBURANTS)

Production des filières renouvelables en 2050



21 274 822 MWh/an

20. 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 2050. 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 EVITES PAR LES FILIERES ENERGIES RENOUVELABLES 147

A.2 HYPOTHESES DE CALCULS 149

A.1 Rejets de CO₂ évités par les filières énergies renouvelables

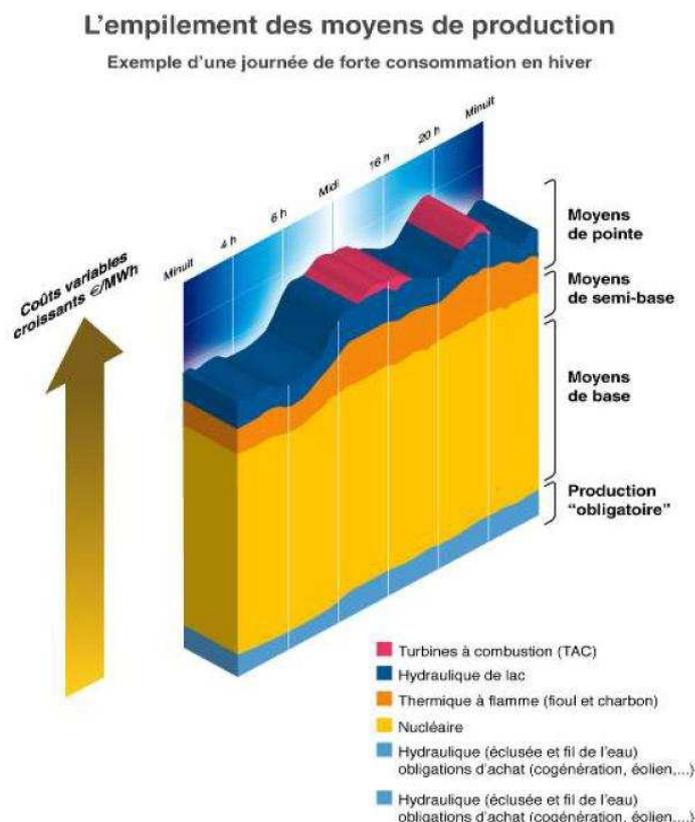
L'objectif est de préciser les hypothèses qui ont été prises et le mode de calcul adopté afin de quantifier les rejets de CO₂ évités par les filières énergies renouvelables.

LES FILIERES ELECTRIQUES

CO₂ évité

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

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



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

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

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

Les filières thermiques

CO₂ évités

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

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

- 205 gCO₂/kWh pour le gaz,
- 271 gCO₂/kWh pour le fioul,
- 220 gCO₂/kWh pour le réseau de chaleur (moyenne des réseaux de chaleur du territoire)
- 103 gCO₂/kWh pour les autres moyens (avec une hypothèse de 55 gCO₂/kWh pour le bois)

La valeur de 450 gCO₂/kWh a été retenue pour le chauffage électrique (note ADEME-RTE sur le contenu CO₂ 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 CO₂/kWh en valeur moyenne pour les maisons et les logements collectifs :

BILAN DES EMISSIONS DE CO2 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 ₂ /kWh chauffage	gCO ₂ /kWh Ecs	Chauffage gCO ₂ /kWh		ECS gCO ₂ /kWh	
	Log. collectif	Maison indiv	Log. collectif	Maison indiv			Log. collectif	Maison indiv	Log. collectif	Maison indiv
gaz	54%	60%	55%	59%	205	205	110,2	122,7	113,4	121,9
élec	31%	19%	34%	38%	500	40	152,6	96,4	13,5	15,1
fuel	4%	17%	1%	3%	271	271	11,2	46,2	2,3	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	19,9	0,2
	100%	100%	100%	100%	on retient (gCO₂/kWh) :		293	265	149	144

Aussi, il est possible de retenir une valeur moyenne de 140 gCO₂évités/kWh pour la substitution de la production de l'eau chaude sanitaire et de 270 gCO₂évités/kWh pour le chauffage.

A.2 Hypothèses de calculs

Filière	Installation de référence	Production unitaire	Divers	Durée de factm ^t à P nom.	Rendement ou COP	g CO2/kWh	Nbre d'emplois par filière	
							Fabrication/installation (emploi/MW)	Production énergie (emploi/MWh)
CESI	4,5 m ²	0,38 MWh/an.m ²	55% de couverture			140	11 emploi/MW	0,0002 emploi/MWh
SSC	12,0 m ²	0,40 MWh/an.m ²				270		
CESC	95,0 m ²	0,42 MWh/an.m ²	2,0 m ² /logement			140		
CESC hors habitat	15,0 m ²	0,50 MWh/an.m ²				140		
Piscine		0,30 MWh/an.m ²				140		
Capteurs sous vide	50,0 m ²	0,75 MWh/an.m ²				140		
							<i>0,0065 emploi/m²</i>	
Chaudière ind bois	18 kW	21,06 MWh/an	pour des granulés	1 200 h	95%	270	4 emploi/MW	0,0002 emploi/MWh
Chaudière collective		3,40 MWh/t	pour des plaquettes	2 000 h	85%	270		0,0009 emploi/MWh
Réseau de chaleur bois		3,30 MWh/t		2 000 h	95%	270		0,0006 emploi/MWh
Poêles, inserts	10 kW	6,66 MWh/an	23% des ménages	900 h		270	3 emploi/MW	0,0003 emploi/MWh
PAC maison	12 kW	18,30 MWh/an		1 525 h	3,0	270	0,01 emploi/MWh.an	0,0001 emploi/MWh
PAC habitat collectif	61 kW	73,36 MWh/an		1 200 h	3,5	270		
PV ind	3,0 kWc	0,88 MWh/an.kWc	25 m ²			300	30 emploi/MW	0,0004 emploi/MWh
PV Coll	20,0 kWc	0,88 MWh/an.kWc	170 m ²			300		
PV centrale PV	4000,0 kWc	0,89 MWh/an.kWc				300		
PV industrie	200,0 kWc	0,80 MWh/an.kWc	4000 m ²			300		
Hydro moulins				1 000 h		285	20 emploi/MW	0,0006 emploi/MWh
Hydro autres				4 000 h		285		
Hydrolyennes	1000 kW			3 000 h				
Grand éolien	3000 kW			2 500 h		300	8 emploi/MW	0,0001 emploi/MWh
Eolien urbain	50 kW			4 150 h		300		
Biogaz - chaleur			55%	5 000 h		270	6 emploi/MW	0,0001 emploi/MWh
Biogaz - électricité			45%	5 000 h		300		0,0001 emploi/MWh
Incinération - chaleur			70%			270	11 emploi/MW	0,0001 emploi/MWh
Incinération - électricité			30%	5 000 h		300		0,0001 emploi/MWh