

Document de travail

Schéma Régional Climat Air Energie
du Nord - Pas-de-Calais

Atelier « Energies renouvelables »

Diagnostic et scénarios

*Document préparatoire à la 2ème réunion de
l'atelier (29 mars 2011)*



Sommaire

Eléments de cadrage	3
Qu'entend-on par « énergies renouvelables » ?	3
Les sources utilisées	3
L'approche proposée	4
Bilan global des énergies renouvelables en Nord-Pas de Calais	5
Objectifs globaux régionaux	6
Diagnostic : état des lieux dynamique et objectifs	8
Production centralisée d'électricité	8
• Eolien	8
• Solaire Photovoltaïque en centrale	15
• Hydroélectricité	23
• Hors périmètres SRCAE : Energies marines	26
Production décentralisée	28
• Chaudières et poêles Biomasse	29
• Pompes à chaleur (PAC) aérothermiques	34
• Géothermie	37
• Solaire thermique	41
• Solaire photovoltaïque	44
ENR et ressources végétales	46
• La méthanisation	46
• Les agrocarburants	49
Réseaux de chaleur	50
• Réseau Biomasse	53
• Energie fatale : Incinération des déchets	55
• Energie fatale : Industrie	56
• Géothermie	58
• Récupération de chaleur sur les eaux usées	58
• Synthèse sur les réseaux de chaleur	59

Éléments de cadrage

Qu'entend-on par « énergies renouvelables » ?

Au sens de la loi Grenelle I, les énergies renouvelables concernent : « **les énergies éolienne, solaire, géothermique, aérothermique, hydrothermique, marine et hydraulique, ainsi que l'énergie issue de la biomasse, du gaz de décharge, du gaz de stations d'épuration d'eaux usées et du biogaz. La biomasse est la fraction biodégradable des produits, déchets et résidus provenant de l'agriculture, y compris les substances végétales et animales issues de la terre et de la mer, de la sylviculture et des industries connexes, ainsi que la fraction biodégradable des déchets industriels et ménagers.** ».

Le projet de décret d'application du Grenelle 2 prévoit que soient fixés lors des SRCAE « des objectifs qualitatifs et quantitatifs à atteindre en matière de valorisation du potentiel énergétique terrestre ».

Ainsi les énergies marines et l'éolien off-shore seront exclus du périmètre de cet exercice.

Les sources utilisées

Cette synthèse s'appuie notamment sur les documents et bases suivants (non-exhaustifs) :

- **Etude FRAMEE de détermination des gisements d'énergies renouvelables en Nord-Pas-de-Calais (janvier 2011)**
- Volet éolien du schéma régional des énergies renouvelables du Nord-Pas-de-Calais (juin 2010)
- Base Heliclim1
- Etude ISL pour l'Agence de l'eau Artois-Picardie
- Etude « Biomasse, populicole et bocagère disponible pour l'énergie en 2020 ; IFN, Solagro,
- Bases Logements INSEE 1999 et 2006
- Schéma Directeur d'Aménagement et de la Gestion des Eaux (SDAGE)
- Base viaséva sur les réseaux de chaleurs
- Etudes de marché nationale sur les ventes de pompes à chaleur (AFPAC)
- Etudes de vulnérabilités des eaux souterraines (BRGM)
- Ressources en bois d'élagage régionales – Fédération régionale des coopératives agricoles
- Base de données EuroSoils
- Etude gisement régional biomasse – Fédération régionale des coopératives agricoles

L'approche proposée

Les énergies renouvelables peuvent être abordées suivant différentes focales :

- Celles de la ressource (vent, ensoleillement, biomasse, etc.). Ceci renvoie aux enjeux de disponibilité de la ressource et des filières d'approvisionnement.
- Celles des systèmes et du mode de valorisation de la ressource (éolien, panneau photovoltaïque – centralisé ou sur toiture, chaudière bois, etc.). Ceci renvoie aux différents enjeux environnementaux, techniques, économiques et réglementaires définissant les conditions de valorisation.

L'évaluation du potentiel d'une filière se fait alors par le croisement des deux approches, ce qui rend ce sujet aussi complexe à traiter globalement. Dans le cadre de l'animation du premier atelier, il est proposé une approche par mode de valorisation, eux-mêmes classés en quatre grandes familles :

- **Les modes de production centralisée d'électricité**
 - L'éolien on-shore et off-shore (ce dernier étant exclu du périmètre du SRCAE)
 - Les centrales photovoltaïques (sous forme de centrales de grande taille)
 - La production par la force marine (cette dernière étant exclue du périmètre du SRCAE)
 - Les microcentrales hydroélectriques
- **L'ensemble des productions décentralisées sur le bâtiment (résidentiel, tertiaire, industriel)**
 - Panneaux photovoltaïques et solaires
 - Chaudières et poêles bois
 - Pompes à chaleur (géothermie et aérothermie)
 - Récupération de chaleur sur eaux usées
- **La chaleur distribuée par réseau de chaleur**
 - Biomasse
 - Géothermie
 - Energies fatales : Incinération, Industrie
- **Les productions issues des ressources agricoles**
 - Méthanisation
 - Agro-carburants

Cette segmentation est imparfaite : le sujet est très composite et toute classification comporte ses défauts. De plus, on pourra trouver qu'elle rajoute une complexité supplémentaire à l'exercice, puisque certaines filières doivent être traitées transversalement au risque d'en perdre une vision globale (biomasse, solaire, ...).

Néanmoins, elle permet de dégager des problématiques communes à chaque « vecteur » et permet d'assurer une cohérence dans la manière de traiter le sujet dans le cadre d'un travail collaboratif.

Bilan global des énergies renouvelables en Nord-Pas de Calais

En 2009, la production totale d'énergie d'origine renouvelable de la région Nord-Pas-de-Calais s'élève à environ **4500 GWh**. Cette production renouvelable se répartit de la manière suivante :

Production des filières renouvelables en 2009

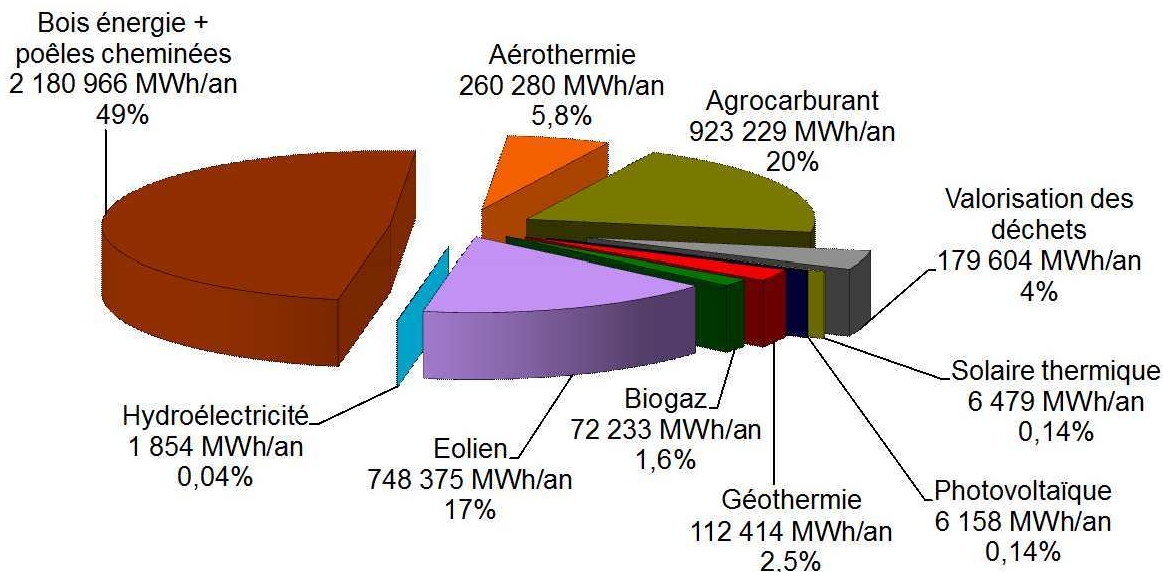


Figure 1 : Bilan 2009 de la production d'énergie renouvelable en Nord-Pas-de-Calais (AXENNE)

A ce jour, le bois énergie représente la production d'énergie la plus importante. Celle-ci est principalement due au chauffage au bois des ménages. Derrière le bois énergie, l'éolien et la production d'agrocarburant sont les filières les plus productrices.

Les énergies renouvelables représentent **3,2% de la consommation d'énergie finale en Nord-Pas de Calais** en 2009. Rappelons que la France s'est donné un objectif de 23 % d'énergies renouvelables dans la consommation finale en 2020. Les objectifs du Grenelle de l'énergie sont présentés sur les graphiques suivants :

Figure 2 : bouquet ENR du bilan énergétique français (2006)

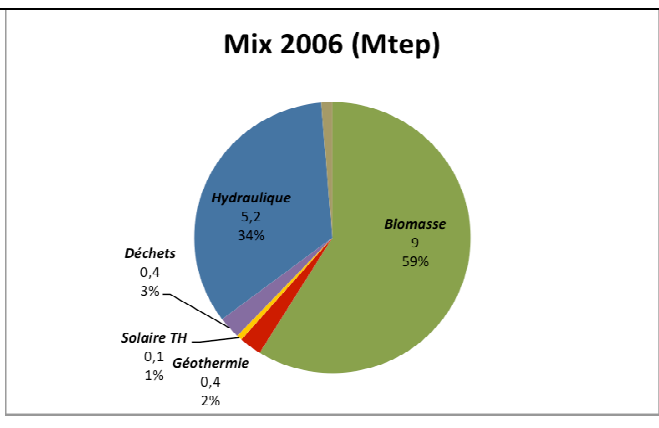
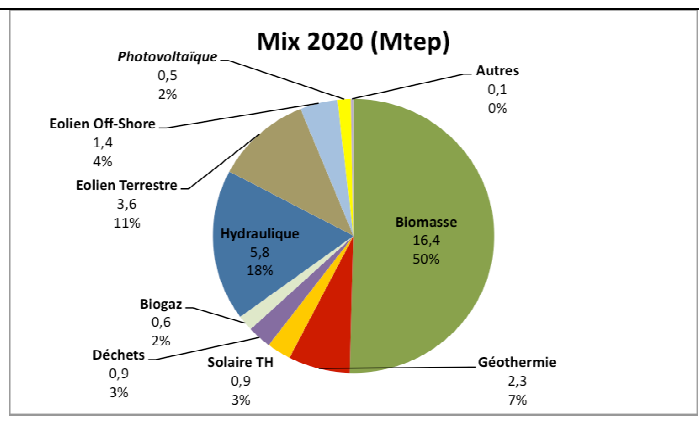


Figure 3 : Déclinaison nationale des objectifs du Grenelle (2020)



TOTAL = 15.6 Mtep

TOTAL = 32.5 Mtep

Le Grenelle, concernant les énergies renouvelables, vise donc à atteindre 23% d'énergies renouvelables dans le mix énergétique français. Cet objectif a été traduit par une multiplication par 2 des productions d'énergie à base de ressources renouvelables d'ici 2020. Cette croissance devant être principalement portée par la valorisation de la biomasse, de l'énergie éolienne (terrestre et offshore), de la géothermie et de l'énergie solaire (thermique et photovoltaïque).

Objectifs globaux régionaux

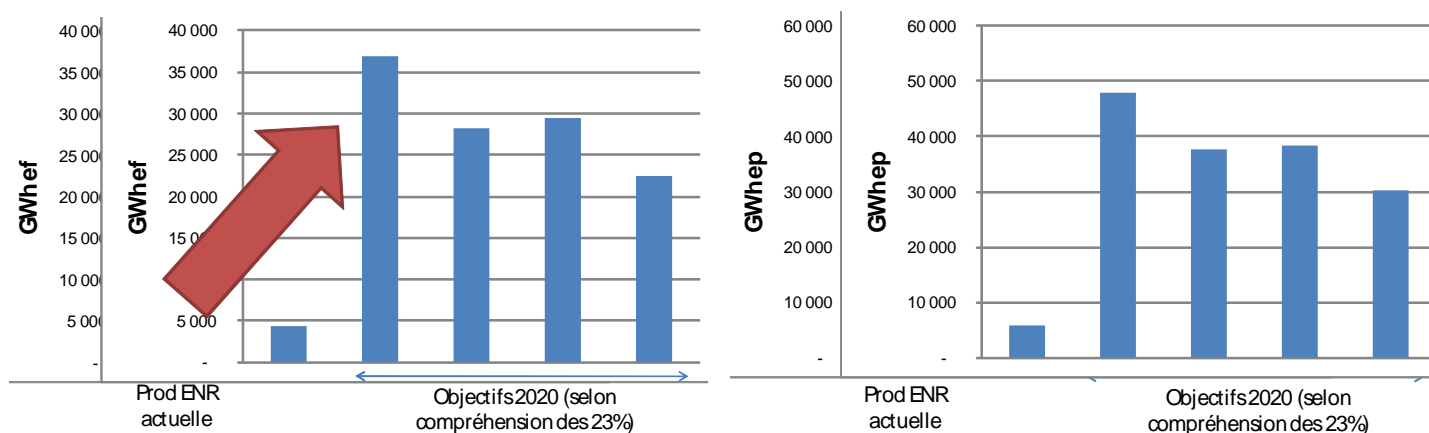
L'objectif de 23% de production ENR à l'horizon 2020 peut être compris de différentes manières. En effet, certains paramètres peuvent influencer la quantité d'énergie à produire en 2020 par valorisation de gisements renouvelables. Ces paramètres sont, pour le cas du Nord-Pas-de-Calais :

- Prise en compte ou pas des consommations énergétiques de la branche sidérurgie
- Comptabilité énergétique en énergie finale ou primaire
- Niveau de consommation en 2020

Sur les deux figures ci-dessous, les histogrammes représentatifs des productions à atteindre à l'horizon 2020 ont été obtenus en considérant, de gauche à droite :

- Consommation 2020 égale à celle de 2005 et prise en compte de la consommation de l'industrie sidérurgique
- Consommation 2020 égale à celle de 2005 sans prise en compte de la consommation de l'industrie sidérurgique
- Consommation 2020 inférieure de 20% à celle de 2005 et prise en compte de la consommation de l'industrie sidérurgique
- Consommation 2020 inférieure de 20% à celle de 2005 sans prise en compte de la consommation de l'industrie sidérurgique

Dans tous les cas, et quels que soient les choix méthodologiques effectués, nous pouvons constater que l'évolution attendue en région Nord-Pas-de-Calais est très ambitieuse, dans un délai relativement court.



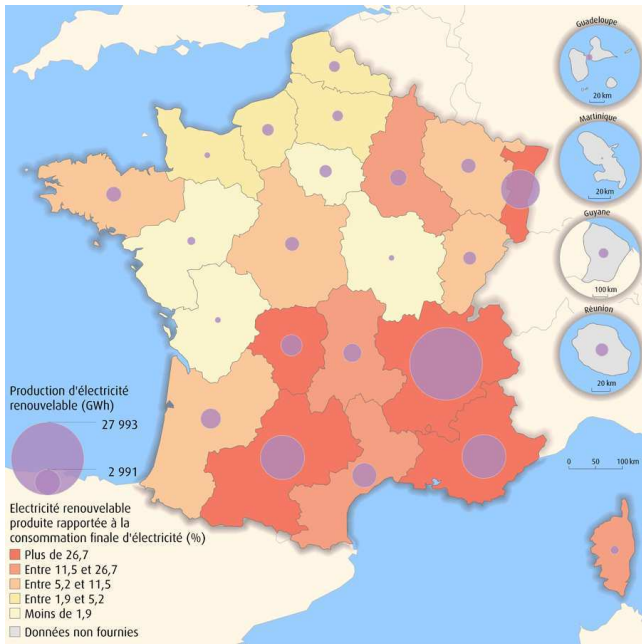
Pour plus de simplicité, et puisque les objectifs, quelle que soit la manière de les exprimer, ce recourent et définissent une ambition importante, nous proposons dans la suite de ce document de comparer les productions ENR à **un volume total de 25 000 GWh ef**. L'atteinte de cet objectif placerait en effet la région Nord-Pas-de-Calais en excellente position pour participer à l'atteinte nationale de l'objectif de 23% d'ENR dans le mix énergétique.

Diagnostic : état des lieux dynamique et objectifs

Production centralisée d'électricité

On désigne par « production centralisée d'électricité » les moyennes ou grandes installations permettant d'assurer des productions d'électricité élevées. On traitera ainsi sous cette focale :

- L'éolien
- Les centrales photovoltaïques
- Les microcentrales hydroélectriques



Le SOeS a produit un état des lieux de l'électricité renouvelable produite rapportée à la consommation finale d'électricité pour la totalité des régions françaises. La carte ci-jointe illustre les résultats ainsi obtenus. Nous observons alors que les régions affichant les taux de couverture ENR les plus importants sont celles où le développement de grands barrages hydro-électriques (Rhône Alpes, Midi-Pyrénées, Alsace, PACA) ou de parcs éoliens (Champagne-Ardenne, Centre, Lorraine) a été le plus poussé.

La région Nord-Pas-de-Calais ne possède pas de fortes capacités de développement de l'hydro-électricité et n'a pas été en pointe dans le développement des parcs éoliens. Elle apparaît donc comme une des régions où le taux de production d'électricité renouvelable sur la consommation électrique finale est relativement faible.

• Eolien

Un point sur la technique

L'énergie éolienne consiste à produire de l'électricité à partir de l'énergie du vent. La production d'électricité dépend directement du vent et de la taille de l'éolienne.

Les machines éoliennes peuvent être divisées en deux familles :

- Les machines à **axe vertical**, qui concernent plutôt la catégorie du « micro-éolien »
- Les machines à **axe horizontal**.

La filière éolienne peut aussi être divisée en trois différentes gammes de puissances :

- Pour le « **grand éolien** », on utilise des machines à axe horizontal ; elles se composent, dans la plupart des applications, d'un rotor tripale. Les gammes de puissance nominale vont de 350 KW à 6 MW pour des hauteurs totales de machines de 40 à 200 mètres. L'application « grand éolien » représente, en termes de puissance installée, la quasi-totalité du marché éolien.
- Le « **moyen éolien** », intermédiaire, est caractérisé par une production énergétique comprise entre 36 et 350 kilowatts. Les machines atteignent rarement plus de 40 mètres. L'implantation d'une éolienne de plus de 12 mètres de haut est soumise à un permis de construire.

- Le « **petit et le micro éolien** », ou éolien individuel ou encore éolien domestique, désigne les éoliennes de petites et moyennes puissances, de 100 watts à 35 kilowatts, montées sur des mâts de 10 à 12 mètres, raccordées au réseau ou bien autonomes en site isolé. Le petit éolien est utilisé pour produire de l'électricité et alimenter des appareils électriques (pompes, éclairage, ...) de manière économique et durable, principalement en milieu rural. Ainsi, on peut estimer qu'une éolienne de 5 m de diamètre, d'une puissance de 2 kW, située dans des conditions de vent optimales pourra fournir l'équivalent des besoins en électricité d'une famille de 4 personnes.

L'image ci-dessous permet d'appréhender les ordres de grandeur des machines :

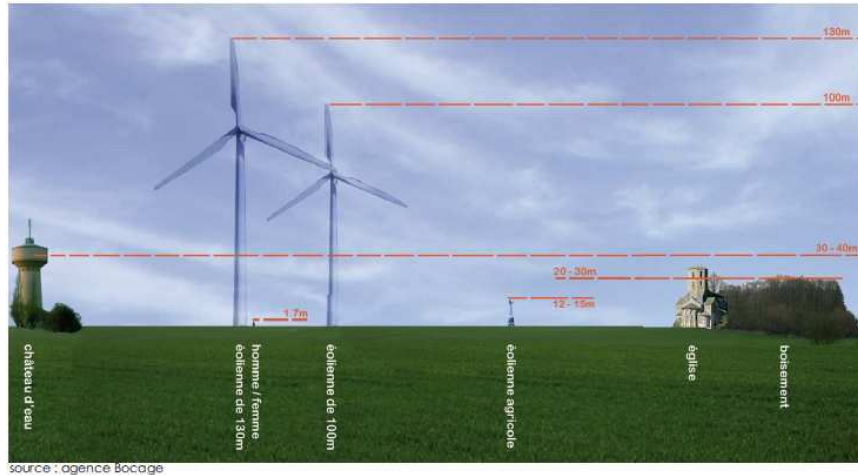


Figure 4 : Illustration de la hauteur des éoliennes (Schéma Régional de développement éolien)

L'éolien terrestre en Nord-Pas-de-Calais en 2009

La région compte dix-neuf parcs éoliens, d'une puissance totale de 299,4 MW et produisant annuellement 748 375 MWh. Ceci représente 6% de la puissance totale installée en France. Le Nord-Pas-de-Calais est la 9^{ème} région française en termes de parcs éoliens construits, et, le Pas-de-Calais, le 4^{ème} département.

La forte urbanisation du territoire, notamment celle du département du Nord, est évidemment un frein au développement de l'éolien. Nous retrouvons cette disparité de développement entre les deux départements de la région sur la carte ci-dessous.

Les puissances installées autorisées s'élèvent, au 1^{er} janvier 2010, à 641 MW. Un développement fort, correspondant à plus qu'un doublement de la production éolienne sur le territoire, est d'ores et déjà prévu. Cette filière est donc particulièrement dynamique.

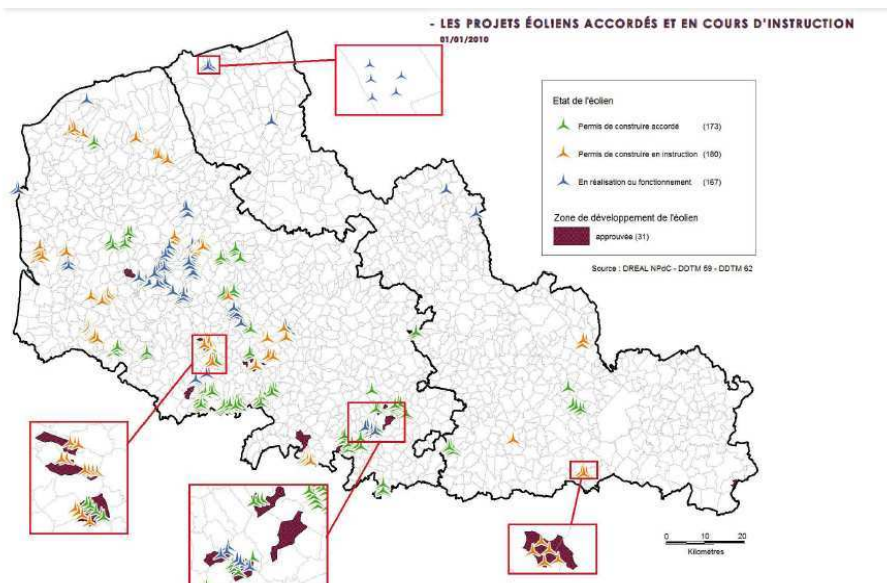


Figure 5 : Carte des projets éoliens en cours accordés ou en cours de raccordement en NPdC (Schémas Régional de développement éolien)

Développement actuel

Parc : 300 MW pour ~ 750 GWh/an

Autorisé : 640 MW pour ~1 600 GWh/an

Potentiel de développement de l'éolien

Potentiel énergétique de la force éolienne

Des analyses numériques réalisées dans le cadre du Schéma Régional Eolien Nord-Pas-de-Calais ont permis d'estimer que plus de 77% de la surface du territoire présentaient des densités énergétiques supérieures à 200 W/m² à une hauteur de sol de 50m.

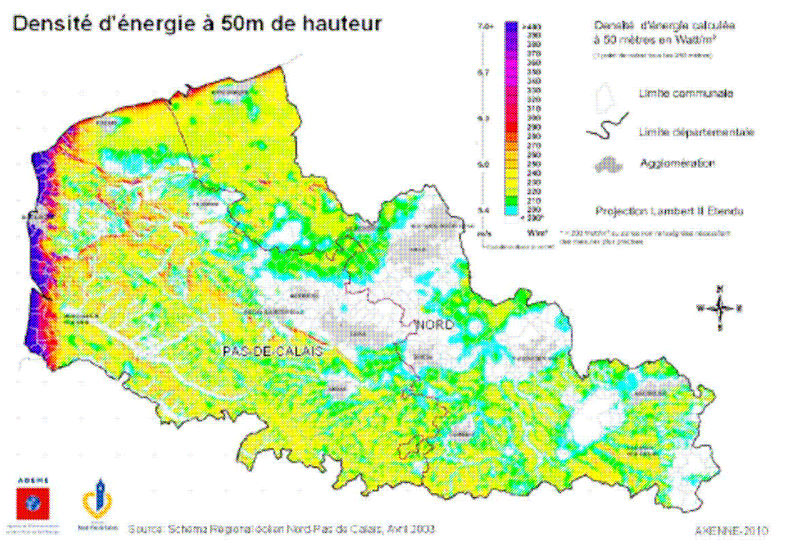


Figure 6 : Gisement éolien en Nord-Pas-de-Calais (W/m²)¹

Contraintes et potentiel final pour l'éolien terrestre

Le schéma régional éolien 2003 a été mis à jour en juin 2010. Il précise les zones favorables pour l'implantation d'aérogénérateurs, en tenant compte d'une série de contraintes régionales qui s'imposent à ces projets.

Le potentiel de développement éolien a été déterminé en prenant en compte les enjeux et contraintes suivants :

- **Le potentiel éolien régional** : vitesse des vents, topographie et rugosité² du sol
- **Le patrimoine paysager** : paysages emblématiques limitant l'implantation d'éoliennes
- **Le patrimoine architectural** : limitation près de monuments historiques
- **Le patrimoine naturel** : zones protégées écologiques (ZNIEFF³, zones Natura 2000, Réserves Naturelles, APB⁴), couloirs de migration et prise en compte des chauves-souris

¹ NB : La carte présente un caractère plus informatif que discriminant : elle a été réalisée à l'échelle régionale avec une faible précision. Ainsi des zones indiquées à faible potentiel peuvent se révéler intéressantes localement après une campagne de mesures dédiées avec un mât de mesure

² Rugosité : Une rugosité forte freine considérablement la vitesse du vent, par exemple une forêt ou un paysage urbain freinera beaucoup plus le vent qu'un paysage de plaine.

³ Zones naturelles d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique

⁴ Arrêtés préfectoraux de protection de biotope

- **Les servitudes et contraintes techniques** : servitudes de l'aviation civile, radio communications, Défense nationale, radars Météo France...

Ces contraintes sont compilées dans la carte suivante.

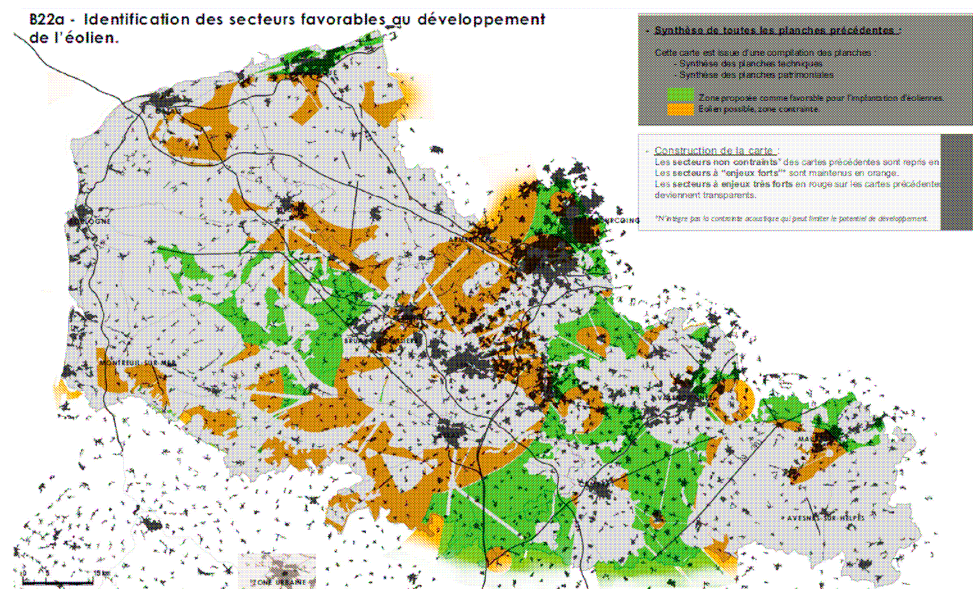


Figure 7 : Secteurs propices au développement de l'éolien

Puis, à partir de ce zonage, le potentiel éolien a été quantifié en respectant les voies de développement suivantes.

La quantification est basée sur la capacité des territoires à accueillir des éoliennes en se basant sur une densification des parcs existants, le développement de nouveaux pôles de densification ou l'arrêt des pôles inadaptés.

Cette approche intègre les distances de respiration entre les pôles de densification, de structuration ou la ponctuation.

Cette approche intègre également :

- les projets éoliens accordés, en cours d'instruction ou non (éoliennes et ZDE) qui permettent de délimiter le champ des possibles.
- les données patrimoniales et les servitudes.

Cette démarche de quantification est directement induite par la démarche qualitative qui la précède. Le schéma éolien formule ainsi les objectifs régionaux : « 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.**»

Concurrence et complémentarité avec les autres ENR

L'éolien ne rentre pas réellement en concurrence avec les autres ENR. On pourra néanmoins s'interroger sur une « concurrence de sites » avec les centrales solaires photovoltaïques avec lesquelles il partage certaines contraintes d'implantation, notamment au regard des enjeux environnementaux et de l'usage des sols. Cependant, à surface occupée équivalente, la production éolienne est plus importante que celle permise par les technologies photovoltaïques. Il pourrait donc être opportun de réserver les technologies photovoltaïques à des lieux ne pouvant pas accueillir de parcs éoliens (zones urbanisées, faible potentiel de vent...)

Potentiel de production (2020) : Objectifs : 1100 – 1300 MW pour ~3 000 GWh/an

Aucune contrainte particulière

Quels objectifs pour 2020 ?

Devant le constat unanime que la région dispose d'un fort potentiel éolien, et que le développement de cette filière est indispensable à la progression des énergies renouvelables dans le mix énergétique régional, il est proposé de retenir, comme objectif à l'horizon 2020, le chiffre de 1 300 MW installés supplémentaires.

En comptabilisant les 641 MW déjà installés au 1^{er} janvier 2010, cela signifie donc que nous affichons un objectif de 1 941 MW éoliens installés à l'horizon 2020. La production attendue pourrait alors être de 4 850 GWh ef.

OBJECTIFS 2020 :

1 300 MW de nouvelles installations

Puissance totale installée de 1 941 MW

Production attendue : 4 850 GWh

Assure 19% des objectifs régionaux

• Solaire Photovoltaïque en centrale

Définition

Les centrales photovoltaïques – ou photovoltaïques en site isolé – désignent les systèmes permettant la production d'électricité constitués d'un ensemble de modules solaires photovoltaïques reliés ensemble et branchés sur des onduleurs. Ces centrales peuvent être très puissantes, et les plus grands parcs dépassent les 60 MW.

Parmi les différentes méthodes de mise en œuvre du photovoltaïque, elle fait partie de celles ayant les meilleurs taux de retour sur investissement (15 ans environ).



Production actuelle

2 projets de centrales sur ombrières de parking : puissance totale de 21 MW

Un projet de centrale photovoltaïque au sol en cours de construction : puissance de 1.25 MW

19 projets au sol en étude à l'échelle régionale : puissance totale de 115 MW

La réalisation de la totalité de ces projets représenterait donc une puissance totale de 137 MW, soit une production annuelle de 120 GWh ef. Cependant, la réalisation de l'ensemble de ces projets d'ici 2020 est peu probable.

Evaluation du potentiel

Potentiel de l'énergie solaire

L'ensoleillement moyen sur la région varie de 1000 à 1050 kWh/m².an, ce qui correspond à la fourchette basse de la plage d'ensoleillement du territoire national, mais suffisant pour assurer une production d'électricité.

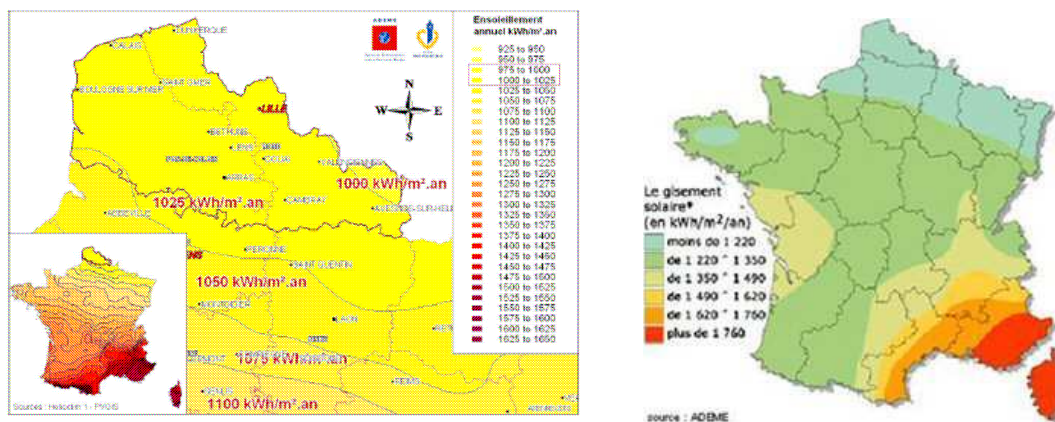


Figure 8 : Potentiel solaire

Zones à privilégier

Certains terrains sont plus adaptés pour recevoir des parcs photovoltaïques au sol. Parmi ces caractéristiques principales on peut évoquer : une surface allant au-delà de 5 hectares, une pente inférieure à 10% et naturellement une bonne exposition au soleil (points qui peuvent être mis à la discussion en atelier).

Au-delà du potentiel mobilisable, les contraintes et servitudes liées au développement de ce type d'installations sont assez analogues à celles rencontrées pour l'éolien :

- Préservation des espaces naturels (biodiversité et paysages emblématiques)
- Exposition aux risques, imperméabilisation des surfaces
- Concurrence de l'usage des sols
- Autres contraintes techniques

Ainsi, se pose la question de savoir quels sont les secteurs à privilégier.

L'installation de centrales photovoltaïques au sol concurrence directement d'autres usages anthropiques de l'espace, particulièrement dans les cas suivants : sols à fort potentiel agronomique, espaces boisés à fort potentiel de production sylvicole, cultures à haute valeur ajoutée, zones de loisirs, zones urbaines.

La figure ci-dessous rappelle que le Nord-Pas de Calais est une des régions les moins boisées et les plus artificialisées de France, avec peu de milieux naturels et de nombreux terrains agricoles.

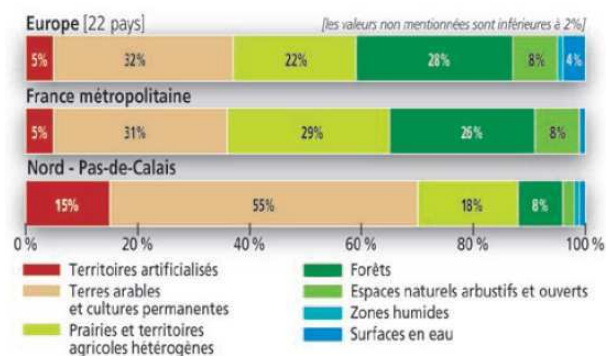


Figure 8 - Les surfaces artificialisées en 2005. Source : Les éco-potentialités des sols, étude Biotope,

Face à cet enjeu de concurrence des sols, une analyse plus poussée de chaque typologie d'occupation du sol permet d'affiner les préconisations quant à l'installation de centrales photovoltaïques :

Espaces forestiers

Les bois et forêts ne représentant qu'environ 8% de son territoire, le Nord-Pas de Calais est une région très faiblement boisée (moyenne nationale d'environ 26%). Même si l'implantation de centrale photovoltaïque au sol suite à un déboisement impliquerait évidemment un engagement à reconstituer d'autres espaces forestiers, ce type d'implantation apparaît comme inadapté.

Zones naturelles

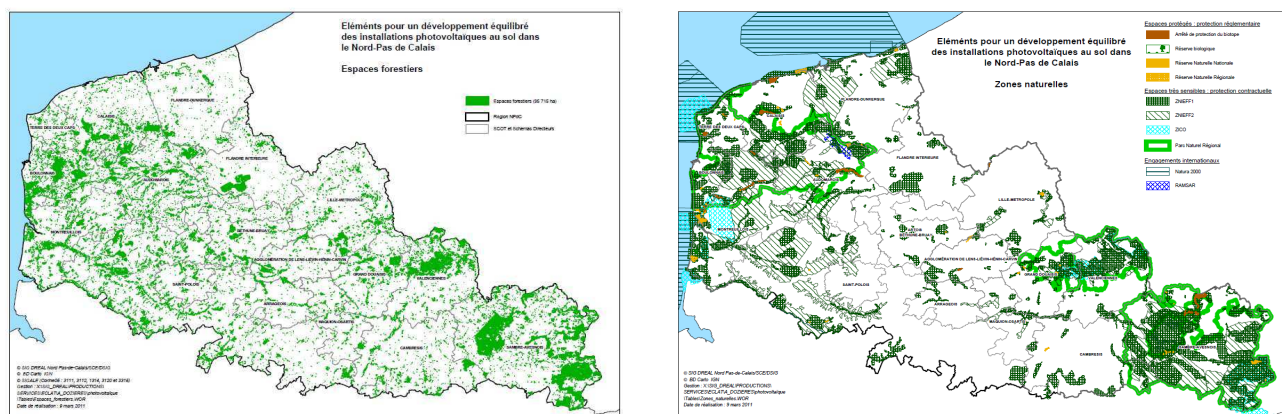


Figure 8 - Les espaces forestiers couvrent 95 715 ha au nord-pas de Calais, soit environ 8 % du territoire régional (à gauche). À droite : espaces protégés, espaces très sensibles, et engagements internationaux. Sources : DREAL d'après SIGALE (©Région Nord-Pas de Calais - SIGALE®), DREAL.

Pour tout projet, les enjeux environnementaux d'une zone naturelle doivent être confirmés ou infirmés par une étude d'impact approfondie. Les centrales photovoltaïques au sol n'ont pas vocation à être installées sur les zones naturelles, d'autant plus si leur intérêt est connu.

Terrains agricoles

Le Nord-Pas de Calais a vu la surface de ses territoires agricoles diminuer d'environ 0,35 % (soit approximativement 2500 ha) entre 2000 et 2006. Même si les surfaces agricoles consacrées à l'élevage semblent compatibles avec l'implantation d'un système au sol, les centrales photovoltaïques au sol n'ont pas vocation à être installées sur des terres agricoles exploitées, a fortiori celles à fort potentiel agronomique.

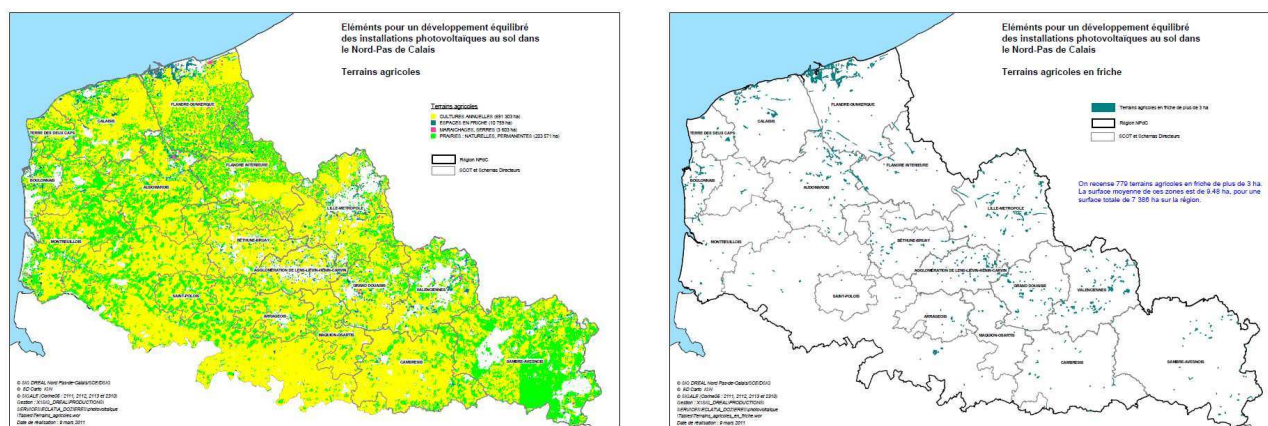


Figure 8 - Les terrains agricoles (à gauche) occupent 909 236 ha dans le Nord-Pas de Calais, soit un peu plus de 75 % du territoire régional. 0,8 % de ces terrains agricoles sont en friche et de taille supérieure à 3 ha (à droite). Source : DREAL d'après SIGALE (©Région Nord-Pas de Calais - SIGALE®).

Parmi ces terrains, quelques milliers d'hectares d'espaces en friche sont répertoriés. On recense plus de 700 terrains agricoles de plus de 3 ha en friche. La surface moyenne de ces zones est d'environ 10 ha. Sous réserve de l'absence réelle d'usage agricole, et bien que ce ne soit pas leur vocation prioritaire, elles peuvent être susceptibles de recevoir l'installation de centrales photovoltaïques au sol.

Terrains militaires

En évitant ceux qui hébergent des biotopes fragiles et rares ou des friches spontanément recolonisées et intéressantes, les terrains militaires peuvent constituer un lieu intéressant pour l'implantation de centrales photovoltaïques au sol. En particulier, les terrains imperméabilisés ayant perdu leur vocation militaire peuvent y trouver une reconversion valorisante.

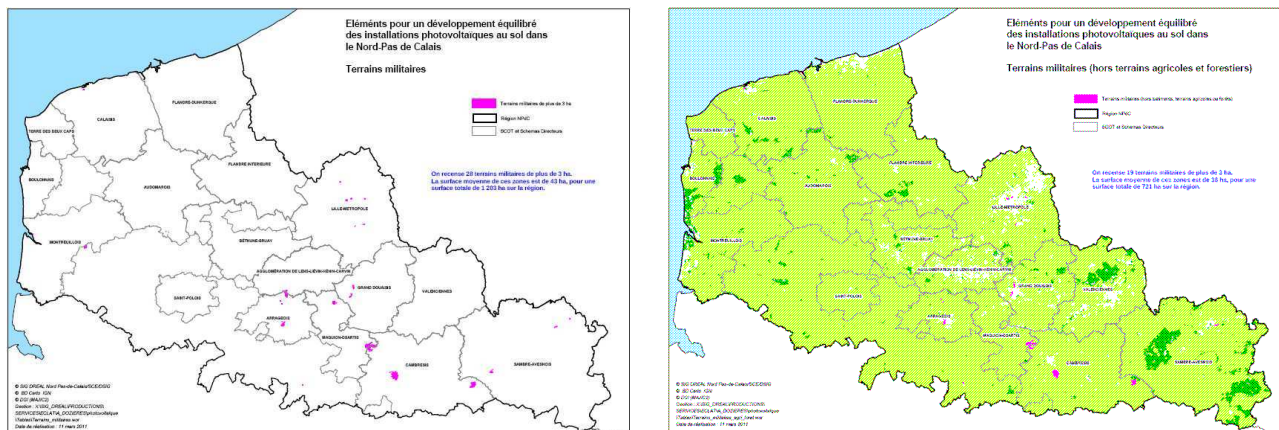


Figure 8 - Les terrains militaires supérieurs à 3ha (à gauche) occupent 1203 ha dans le Nord-Pas de Calais. La surface moyenne de ces zones est de 43 ha. 60 % de ces terrains militaires sont hors de zones agricoles ou boisées (à droite). Source : DRFAI d'après SIGAIF (©Région Nord-Pas de Calais -

Zones d'activités

Les zones d'activités (zones artisanales, industrielles, commerciales, logistiques...), dont la vocation première est la création d'emplois locaux, se prêtent souvent facilement à l'intégration d'objets techniques et constituent des sites propices à l'implantation de modules photovoltaïques.

En premier lieu, et au-delà des larges toitures qu'elles comportent, les zones d'activités peuvent offrir des surfaces artificialisées pour lesquelles un double usage semble particulièrement adapté, par exemple en installant des structures photovoltaïques en couverture des zones de stationnement. Selon l'étude *Energies renouvelables en Nord-Pas de Calais*, et selon les chiffres de la figure ci-dessus, on peut estimer qu'un potentiel d'environ 60 à 100 MW de panneaux solaires pourrait ainsi être exploité dans les zones commerciales régionales.

Par ailleurs, les zones d'activités comportent parfois des surfaces inexploitées et sans concurrence d'usage, qui sont par conséquent intéressantes pour l'installation de centrales photovoltaïques au sol. Ces sites peuvent se rencontrer par exemple dans les zones portuaires, ou lorsque le remplissage à moyen terme de la zone d'activité s'avère improbable alors que ces surfaces ont déjà fait de longue date l'objet d'aménagements spécifiques.

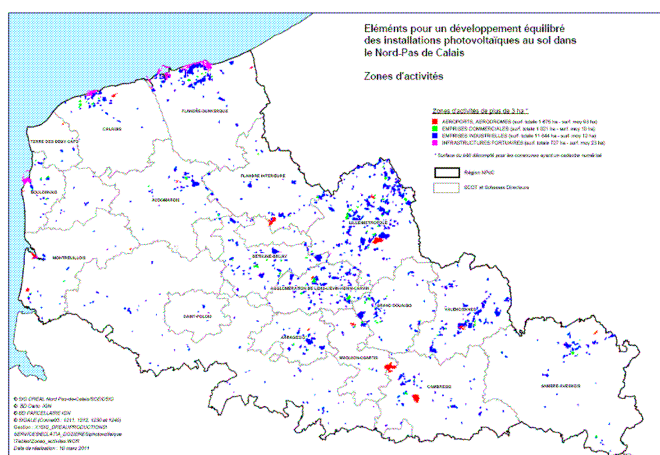
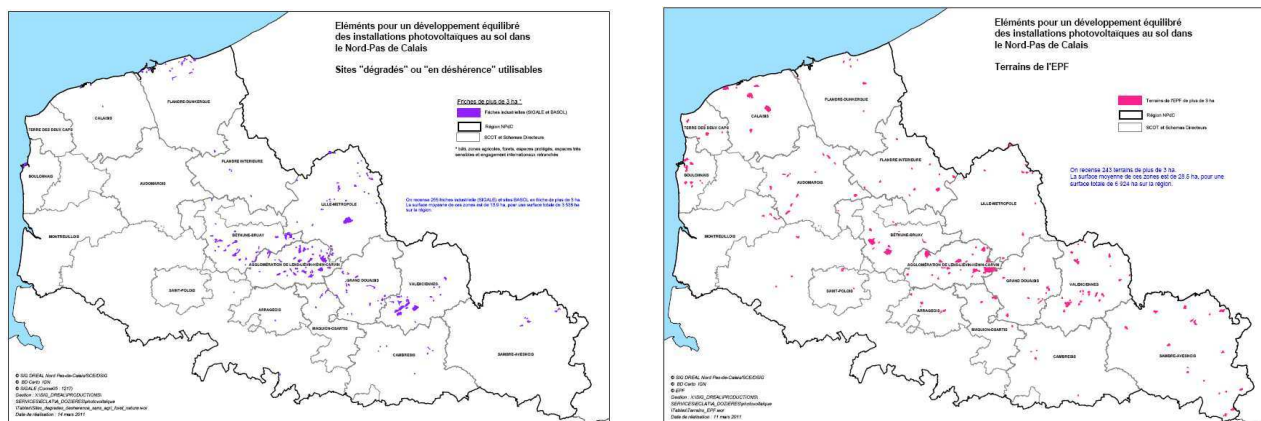


Figure 8 - Les emprises commerciales et industrielles occupent 12661 ha dans le Nord-Pas de Calais. La surface des toitures des bâtiments commerciaux est d'environ 400 ha et 4500 ha pour les bâtiments industriels. Source : DRFAI d'après SIGAIF (©Région Nord-Pas de Calais - SIGAIF®)

Sites « dégradés » ou « en déshérence »

Ce type de sites est assez présent dans le Nord-Pas de Calais : terrains pollués, friches industrielles ou militaires, anciens terrains miniers, anciennes carrières, anciennes plates-formes ferroviaires, ancienne zones d'enfouissement de déchets... De par leur degré souvent élevé de pollution et la présence d'objets techniques, ces sites sont souvent sans usage, et l'implantation de centrales photovoltaïques au sol y est propice.

Il faut toutefois garder en tête que d'autres priorités sont à considérer pour l'usage de certaines de ces surfaces : rénovation urbaine, conservation d'habitats naturels fragiles ou rares, maintien de friches spontanément recolonisées...



Autres surfaces

Enfin, d'autres surfaces pourraient potentiellement s'avérer intéressantes pour l'installation de centrales photovoltaïques au sol : abords d'infrastructures de transport, délaissés routiers et autoroutiers, zones d'expansion des crues, zones à urbaniser à moyen et long terme (zones 2AU et 3AU)...

Il faut toutefois garder en tête que d'autres priorités sont à considérer pour l'usage de certaines de ces surfaces : implantation d'activités associables à des flux ferroviaires, maintien ou développement de zones humides à forte valeur écologique....

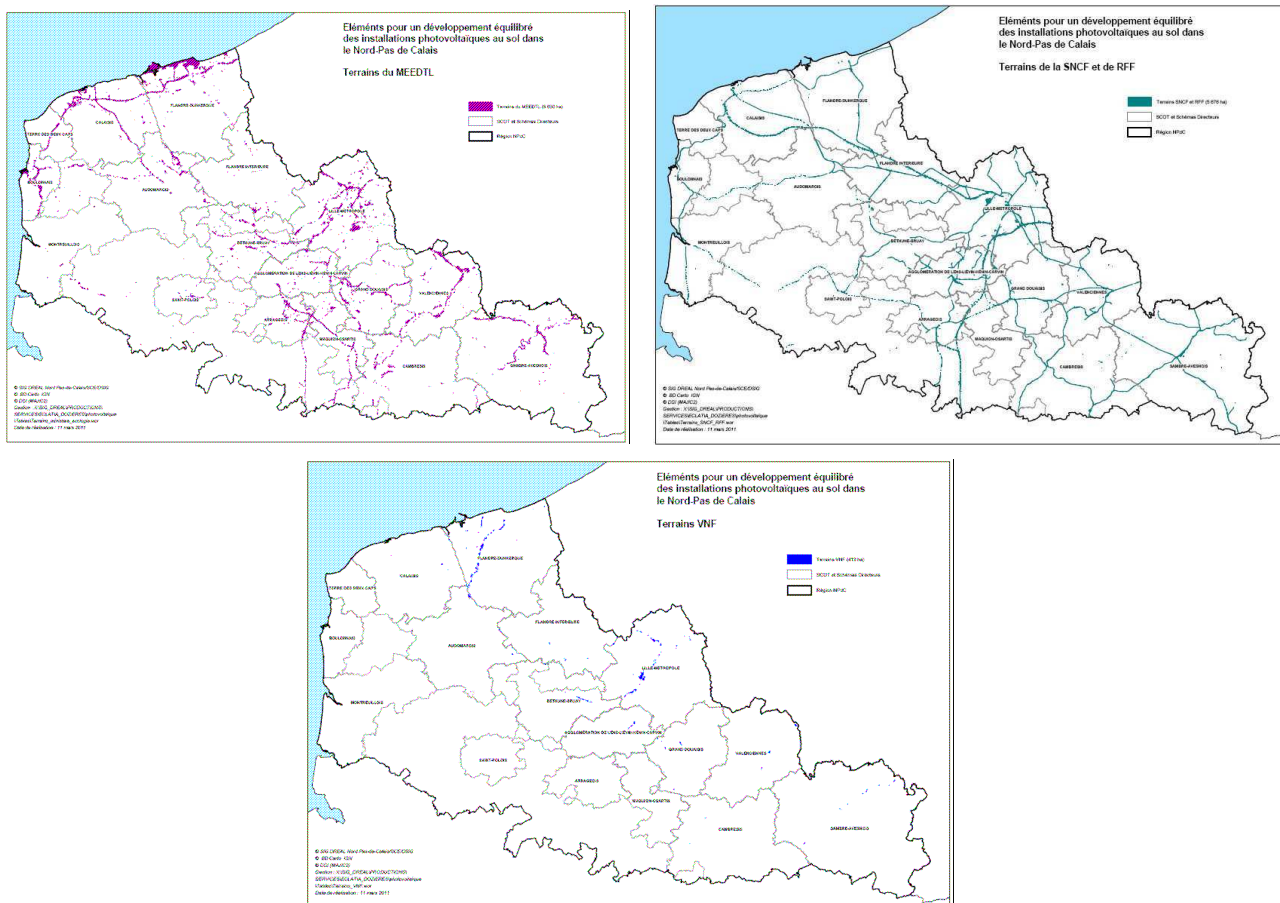


Figure 8 - Les terrains du MEDDTL, de VNF, de la SNCF/RFF occupent environ 14700 ha dans le Nord-Pas de Calais. Source : DREAL d'après MAJIC2.

Qualité de l'air

Aucune contrainte particulière a priori

Quels objectifs pour 2020 ?

Le développement des centrales photovoltaïques au sol se fera dans le cadre de la préservation des enjeux environnementaux globaux, et pourra également être inscrit dans le Schéma régional du climat, de l'air et de l'énergie du Nord-Pas de Calais.

Le choix du site est un déterminant majeur, et la typologie exposée dans les pages précédentes de ce document doit orienter les installations vers la valorisation d'espaces à faible valeur concurrentielle, et sans enjeu naturel majeur : sites dégradés, imperméabilisés, anthropisés... Les installations venant ajouter un usage à l'exploitation existante de la surface semblent très pertinentes, notamment sous la forme d'ombrières de zones de stationnement.

Le potentiel associé apparaît aujourd'hui comme relativement important, avec par exemple 10 à 20 MW si on occupe 20% des parkings des zones commerciales, environ 45 MW si on occupe 1% des emprises industrielles supérieures à 3ha (hors bâti), ou encore environ 30 MW si on occupe 2% des « friches industrielles » supérieures à 3ha (hors bâti) sans terrains agricoles, ni forêts, ni espaces protégés, ni espaces très sensibles, ni engagements internationaux... Au regard de ce potentiel, un objectif de développement de l'ordre de 80 MW de centrales photovoltaïques au sol et sur ombrières installés d'ici à 2020 (ce qui permettrait la production de 70 GWh/an) pourrait être avancé.

OBJECTIFS 2020 :

80 MW de nouvelles installations

Production attendue : 70 GWh

**Assure 0.3% des objectifs régionaux
de production ENR à l'horizon 2020**

• Hydroélectricité

Un point sur la technologie

L'énergie hydroélectrique est l'énergie obtenue par conversion de l'énergie hydraulique des différents flux d'eau (fleuves, rivières, chutes d'eau,...).

L'hydraulique est la deuxième plus importante source d'énergie renouvelable dans le monde et en France. Exploitée depuis plus longtemps (les moulins sont les ancêtres des centrales), son potentiel de développement est moindre que les autres EnR.

Les ouvrages hydrauliques peuvent être divisés en plusieurs catégories :

- **Les usines de type « lac »** : elles possèdent un réservoir amont dont la capacité permet un stockage d'eau sur de longue période permettant de disposer d'une grande puissance de production instantanée (utilisées de manière prioritaire durant les périodes de pointe exceptionnelles de consommation électrique).
- **Les usines de type « éclusé »** : elles disposent d'un réservoir de taille intermédiaire permettant sur des périodes plus faibles d'adapter la production électrique à des cycles journaliers ou hebdomadaires.
- **Les usines « au fil de l'eau »** : leur capacité de réservoir amont ne permet quasiment pas de stockage et produisent au gré des apports hydrauliques instantanés (énergie dite fatale).

Les stations de transfert d'énergie par pompage (STEP) produisent de l'énergie à partir de l'écoulement naturel mais comportent également un mode pompage permettant de « faire remonter » l'eau dans le bassin supérieur lorsque la consommation est faible (la nuit par exemple) pour la turbiner à nouveau pendant les pics de consommation. **L'énergie ainsi produite n'est pas considérée comme renouvelable.**

Figure 9 : exemple de centrale de type éclusé et fil de l'eau



L'hydroélectricité en Nord-Pas-de-Calais en 2009

Les capacités hydroélectriques du Nord-Pas-de-Calais sont constituées de petit hydraulique de type « fil de l'eau » ou « éclusé ». Le SDAGE Artois-Picardie a évalué la production actuelle comme suit :

	Nombre d'ouvrages	Puissance installée (kW)	Productible installé (kWh)
Canche - Authie - Boulonnais	19	1 361	6 344 220
Lys - Deule - Marque	0	0	0
Sambre	3	170	797 778
Aa - Yser - Audomarois	5	147	691 840
Somme	13	791	3 717 700
Scarpe - Escaut - Sensée	12	651	2 979 875
TOTAL	52	3 120	14 531 413

La puissance estimée des installations existantes est donc de 3 MW environ. Cela représente environ 0,01 % de la puissance installée en France métropolitaine. Le relief du bassin Artois-Picardie, essentiellement crayeux, est peu accentué et le débit cumulé des cours d'eau y est faible. L'énergie hydroélectrique exploitée dans le bassin Artois-Picardie est donc totalement marginale par rapport à celles des autres grands bassins en France. La puissance moyenne par installation est de 56 KW, ce qui est faible.

La puissance installée actuellement est de 3 MW environ.

Production annuelle : 14.5 GWh

Cela représente environ 0,01 % de la puissance installée en France métropolitaine.

Potentiel de développement de l'hydroélectricité

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. Le constat général rendait compte d'un potentiel très faible. Dans le bassin Artois-Picardie, les cours d'eau ont des pentes et des débits faibles, ce qui aboutit à des potentiels très réduits. L'ensemble des sites intéressants pour tirer parti de l'énergie hydraulique ont déjà été aménagés historiquement, et souvent pour d'autres motivations (meunerie, alimentation de plans d'eau, pisciculture, ...).

Le potentiel s'évalue alors à partir de l'équipement permettant la production dans les ouvrages existants. Ce potentiel théorique, est estimé à 48 360 MWh/an pour 105 installations (Cf. carte en annexe). **On pourra considérer que l'enjeu de cette énergie en région est marginal.** De plus le potentiel du SDAGE tient compte de l'équipement des écluses VNF, ce qui n'est pas réaliste et n'a fait l'objet d'aucune validation par VNF sur la faisabilité

Évaluation du potentiel de suréquipement des ouvrages existants

	Nombre d'ouvrages	Puissance installée (kW)	Productible installé (kWh)
Canche - Authie - Boulonnais	5	192	8040285
Lys - Deule - Marque	0	0	0
Sambre	0	0	0
Aa - Yser - Audomarois	4	76	356 730
Somme	0	0	0
Scarpe - Escaut - Sensée	2	40	189 175
TOTAL	11	308	1 350 190

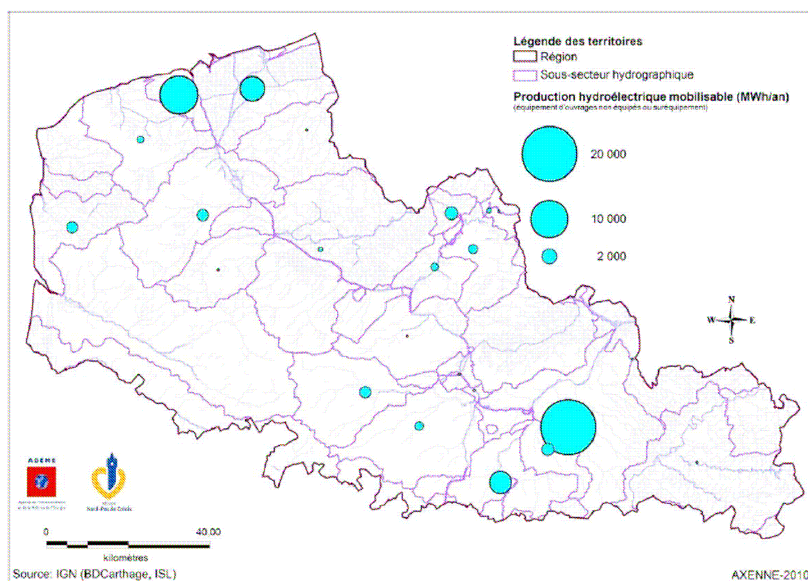
Le potentiel de suréquipement s'élève donc à 10% environ du potentiel déjà installé. Il n'y a pas de projet de suréquipement recensé lors de cette étude.

Évaluation du potentiel des ouvrages hydrauliques existants non équipés.

La puissance potentielle théorique des ouvrages existants non équipés pour produire de l'électricité est estimée dans le SDAGE à 25 MW pour 346 ouvrages, l'énergie correspondante est estimée à 118 000 MWh. La puissance moyenne théorique unitaire par ouvrage susceptible d'être équipé est donc faible, environ 70 KW et du même ordre de grandeur que celle des ouvrages déjà équipés.

Précisons que l'essentiel des 25 MW annoncés dans le SDAGE provient de l'équipement des écluses gérées par VNF sur l'Escaut et L'Aa. Ce potentiel n'a fait l'objet d'aucune étude de faisabilité technique et

économique ni d'avis de VNF et ne peut donc pas être considéré comme réaliste en l'état actuel des études. Un travail pourrait être mené avec l'Agence de l'eau Artois-Picardie pour préciser le potentiel évalué par ISL en retirant les écluses gérées par VNF et qui gonflent le potentiel.



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

Qualité de l'air

Aucune contrainte particulière a priori

Quels objectifs pour 2020 ?

L'objectif est de maintenir l'existant, sans entrer en concurrence avec un autre usage des cours d'eau.

Ce potentiel ne constitue pas un potentiel majeur en NPDC. Néanmoins, les installations existantes sont a minima à conserver car elles délivrent une énergie de qualité et décentralisée, tout en générant des emplois et en valorisant le patrimoine.

OBJECTIFS 2020 :

Aucun développement supplémentaire

Maintien des 3 MW existants, assurant une production de 14.5 GWh

Assure 0.1% des objectifs régionaux

• **Hors périmètres SRCAE : Energies marines**

L'éolien offshore

L'éolien en mer fonctionne de la même manière que l'éolien terrestre, mais profite de vents plus forts et plus importants qui permettent d'en améliorer le rendement.

Ses coûts de production et d'installation sont supérieurs à ceux des éoliennes terrestres classiques. Ces éoliennes sont généralement hautes et tournent lentement – moins de 10 tours par minute pour les grandes éoliennes offshore.

Potentiel pour l'éolien off-shore

Concernant l'éolien offshore, 3 projets « avancés » existent, pour une puissance installée cumulée de **1100 MW environ** :

- au large de Dunkerque (zone du Clipon) : **100 MW**
- au large de Merlimont : **300 MW**
- au large du Touquet : **700 MW**

Aucune étude avancée proposant une évaluation globale du gisement off-shore potentiellement mobilisable n'a été identifiée.

L'énergie 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 algale pour des agrocarburants n'est pas abordée dans cette partie. 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.).

Description brève des filières

L'énergie houlomotrice

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.

L'énergie hydrolienne

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.

L'énergie thermique des mers

L'énergie thermique des mers utilise la différence de chaleurs entre les eaux de profondeur et de surface de la mer.

Les calories et frigories sont "capturées" dans l'eau de mer grâce à des échangeurs thermodynamiques, 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.

Potentiel de développement

Est laissée 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**.

Production décentralisée

On désigne par production décentralisée l'ensemble des gisements produits localement aux échelles du bâtiment, de l'exploitation ou de l'unité industrielle. Cette thématique pose deux types de questions :

- Le choix des modes de chauffage dans les logements
 - Combustion de **biomasse** dans les chaudières, poêles ou inserts (hors-réseau donc)
 - L'usage des **pompes à chaleurs aérothermiques**
 - La **géothermie**
- La question de l'usage des toitures et des cours d'eau :
 - La production d'eau chaude sanitaire (ECS) et/ou chauffage par **solaire thermique**
 - La production d'électricité par solaire **photovoltaïque en toiture**

Ces questions sont très fortement liées à la question de l'action sur le bâtiment, en particulier sur le neuf, où l'atteinte des objectifs ambitieux du BBC et du bâtiment à énergie positive nécessite de mobiliser massivement ces systèmes énergétiques. Cependant, pour atteindre des objectifs ambitieux de développement des ENR, celles-ci devront fortement pénétré le parc bâti existant.

Pour le développement des moyens décentralisés de valorisation des ENR, nous mettrons en discussion, dans ce document, les objectifs identifiés dans les études régionales avec les discussions qui ont déjà eu lieu dans les ateliers sectoriels, et plus particulièrement dans les ateliers « résidentiel » et « tertiaire ».

• Chaudières et poêles Biomasse

La biomasse est la fraction biodégradable des produits, déchets et résidus provenant de l'agriculture, y compris les substances végétales et animales issues de la terre et de la mer, de la sylviculture et des industries connexes, ainsi que la fraction biodégradable des déchets industriels et ménagers. Nous traiterons ci-dessous du bois, des cultures énergétiques et des sous-produits agricoles et industriels.

La production de Bois-énergie

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 totalité ou en 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.

Etat de la ressource actuelle en Nord-Pas de Calais

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.

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).

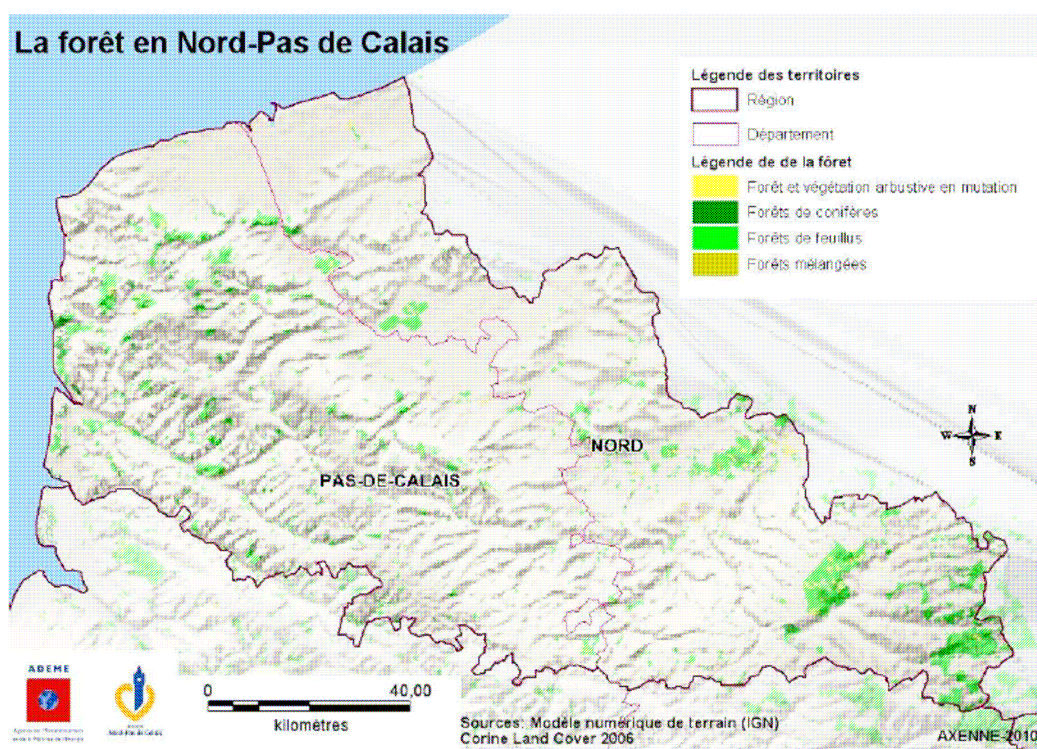


Figure 10 : Peuplement forestier du Nord-Pas-de-Calais (Corine Land Cover 2006)

Cependant, la surface forestière tend à s'accroître de plus en plus. En effet, la surface des peupleraies, bois et forêt est passée de 950 km² en 1970 à 1170 km² en 2003⁵.

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 4 ha. 1,3% des propriétaires sont de « grands détenteurs de bois », possédant plus de 25 ha de forêts.

Ce constat pose la question de la disponibilité de la ressource et de l'exploitation qui pourrait en être faite en améliorant la filière.

Ressource biomasse disponible

L'IFN, FCBA et Solagro ont réalisé pour l'ADEME en 2009 une étude de la biomasse forestière, populicole et bocagère disponible pour l'énergie en 2020. Les résultats concernant la région Nord-Pas-de-Calais ont été complétés et analysés dans le cadre de l'étude Gisement Energies Renouvelables (AXENNE).

Le BIBE (bois industrie bois énergie) 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.

Les quantités exprimées ici correspondent aux gisements bruts supplémentaires mobilisables en ressources de bois énergie (ont déjà été retranchés de la production brute les usages actuels).

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.

L'utilisation du Bois énergie en Nord-Pas de Calais

L'utilisation du bois énergie peut se faire au travers plusieurs secteurs et usages :

De manière centralisée, par production de chaleur sur réseaux de chauffage urbain servant à alimenter des quartiers de villes, principalement du résidentiel collectif et du tertiaire (traités dans la question des réseaux de chaleurs). Ou **de manière diffuse** par une utilisation de poêles, inserts, cheminées ou chaudières alimentées au bois dans l'habitat et le petit tertiaire.

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 utilisatrices du bois (moins de 25%). Néanmoins, ceci représente aujourd'hui une consommation de l'ordre de 1900 GWh/an.

L'étude sur le gisement Biomasse montre ainsi, considérant les ressources disponibles et les niveaux de consommations actuels, qu'on peut considérer qu'il n'y a pas de ressources supplémentaires disponibles en région. De fait, une partie du bois aujourd'hui consommé proviendrait déjà de l'extérieur de la région. Dès lors la définition d'objectifs de consommation de bois en région devra nécessairement s'accompagner d'une réflexion appuyée sur les modes d'approvisionnement des filières.

Développement actuel ~1941 GWh/an

⁵ Donnée Agreste

Estimation AXENNE (INSEE 1999 et Etude ADEME sur les modes de chauffage en région)

Gisement de développement de l'utilisation du bois énergie en décentralisé

La première estimation de gisement proposée par le cabinet AXENNE sur un horizon 2020 est formulée en ces termes :

- Dans l'existant : Le renouvellement des poêles existants et la croissance de 10% des logements utilisant ces modes de chauffage
- Dans l'existant : La substitution de 17% des logements chauffés au fioul par des chaudières
- Le développement du bois dans 23% des logements neufs
- Remplacement de 17% des logements chauffés au fioul ou au gaz propane

		Poêles et inserts performants	Chaudières automatiques indiv	Chaudières collectives (Tertiaire public)	TOTAL (Mwh)
Actions sur l'existant pour 2020	Nombre	360 288 (dont 277 000 renouvellement)	29 838	0	
	MWh/an	2 269 817	644 494	0	2 914 311
Actions sur le Neuf 2011 - 2020	Nombre/an	1 840	1 360	62	
	MWh/an	11 592	29 376	7830	48 798
TOTAL 2020	Nombre	376 848	42 078	558	
	MWh/an	2 374 145	908 878	70 470	3 353 493

Potentiel de production Calcul Energies Demain depuis étude AXENNE) Gisement brut horizon 2020 ~3350 GWh/an

Concurrence et complémentarité

Le développement de l'usage du bois dans les dispositifs individuels de chauffage et dans les réseaux de chaleur est-elle complémentaire ? Le développement des réseaux permet de disposer d'une masse critique suffisante pour structurer de manière cohérente une filière, contrôler les prix et les zones d'approvisionnement. De telles filières, de type industrielles, peuvent être ouvertes aux ménages.

Le développement des chaudières au bois rentre en concurrence, notamment sur les logements neufs, avec la PAC aérothermique et la géothermie.

Biomasse et qualité de l'air

Une des limites à la promotion du bois énergie concerne l'émission de polluants atmosphériques. La région étant déjà au dessus des seuils réglementaires concernant la concentration de poussières.

Les appareils individuels récents permettent de limiter ces émissions, à condition d'une bonne utilisation et d'un entretien régulier des machines. Néanmoins, même les appareils les plus performants restent émetteurs de poussières (et en particulier des plus fines) et peuvent entraîner une augmentation des concentrations de polluants, les poussières étant des vecteurs privilégiés d'autres formes de pollutions.

On veillera ainsi à distinguer cette problématique entre les zones rurales et les zones urbaines, où les sensibilités liées à l'augmentation du nombre d'équipements de chauffage au bois seront différentes.

Un autre enjeu important, au regard de la qualité de l'air atmosphérique et intérieur, est le remplacement de l'ensemble des poêles et inserts existants (voire de favoriser l'installation d'inserts dans les cheminées qui n'en sont pas équipées) par des appareils beaucoup plus performants et moins polluants.

Quels objectifs pour 2020 ?

Nous traitons dans ce chapitre la question du bois énergie utilisé dans les logements individuels (poêles, foyers fermés, chaudières individuelles...)

Le développement du bois énergie est un des moyens efficaces pour réduire les émissions de gaz à effet de serre et ainsi permettre l'atteinte des objectifs fixés en matière de lutte contre le changement climatique. Cependant, le développement des systèmes énergétiques valorisant le bois posent un certain nombre de problèmes :

- Disponibilité de la ressource : dans une optique de réduction des émissions de gaz à effet de serre, le développement du bois énergie doit être porté par l'exploitation de ressources locales. La région Nord-Pas-de-Calais étant très peu boisée, la ressource locale exploitable pour la filière bois énergie est alors limitée.
- Pollution atmosphérique : les systèmes domestiques de chauffage au bois sont de forts contributeurs à l'émission de polluants atmosphériques (notamment pour les poussières et les HAP). L'amélioration des systèmes permet de réduire unitairement ces émissions. Cependant, les objectifs de lutte contre la pollution atmosphérique nous obligent à rester vigilants sur le développement de ces systèmes, et plus particulièrement dans les zones densément urbanisées.

Pour ces différentes raisons, il est proposé de limiter la consommation de biomasse, dans le secteur domestique, à sa valeur actuelle. La réhabilitation du bâti et l'amélioration des systèmes sont deux éléments qui permettront cependant, à consommation régionale constante, d'augmenter la diffusion des systèmes domestiques de chauffage au bois dans le parc résidentiel, tout en réduisant les émissions de polluants atmosphériques.

OBJECTIFS 2020 :

Développement prévu en nombre de logements, mais stabilité de la consommation de bois

Stabilisation à 1 200 GWh ef

Assure 5% des objectifs régionaux de production ENR à l'horizon 2020

• Pompes à chaleur (PAC) aérothermiques

Un point sur les technologies

Pompes à chaleur (PAC) aérothermiques

Les pompes à chaleur aérothermiques sont des systèmes de chauffage fonctionnant selon le principe suivant : un fluide frigorigène effectue, à l'aide d'un moteur électrique, un cycle thermodynamique permettant de prélever de la chaleur à une source froide (l'air extérieur pour les PAC aérothermiques) pour la redistribuer à l'intérieur d'un logement. Ceci correspond au principe de fonctionnement inverse d'un réfrigérateur.

La chaleur peut être distribuée dans le logement par l'intermédiaire de deux vecteurs énergétiques :

- L'air : on parle de PAC Air/Air
- L'eau (circulant dans des radiateurs) : on parle de PAC Air/Eau

N.B. : Les PAC géothermiques sont abordées dans la partie Géothermie de ce document.

Une brève comparaison de ces deux types de système est effectuée dans le tableau ci-dessous :

	PAC Air/Eau	PAC Air/Air
Investissement	++	+
COP (Coefficient De Performance)	2 - 4	1.5 - 3
Avantages	Système simple Adaptation possible au réseau de chauffage existant	Rafrâichissement possible et bien maîtrisé Couplage avec VMC
Contraintes	Nécessite équipement très performant pour climats rigoureux Attention au bruit	N'assure pas l'ECS Passage de gaines de soufflage N'assure pas forcément la totalité du chauffage Performances plus faibles qu'autres PAC. Attention au bruit

Les PAC Air/Eau sont actuellement en voie de fort développement dans les maisons individuelles. Des perspectives d'évolutions technologiques doivent être envisagées dans le cadre d'un scénario à moyen et long terme :

- Les COP des pompes à chaleur sont en progression constante, mais restent des COP « théoriques » et ceux constatés en condition réelle de fonctionnement sont souvent notablement inférieurs
- Les PAC sont actuellement électriques. La technologie des PAC alimentées au gaz existe. Leur développement à l'horizon 2020 est possible lorsque la technologie sera plus mature et l'investissement financier moins élevé. L'avantage réside dans le cumul d'un COP > 1 et de l'absence d'un facteur de conversion Energie primaire/ Energie Finale⁶.

⁶ Par convention, pour l'électricité ce facteur de conversion est de 2,58. Il indique qu'il faut « utiliser », en moyenne pour le parc de production français, 2,58 fois plus d'énergie primaire (combustible des centrales) pour produire 1 KWh électrique.

Production actuelle

Développement actuel : ~ 22 000 PAC existantes sur le territoire pour 260 GWh/an d'énergie renouvelable valorisée

Etude de marché nationale (AFPAC)

Le gisement identifié

Le gisement estimé par le cabinet AXENNE aboutit aux potentiels suivants de production de chaleur :

- **3 200** GWh/an en maisons individuelles
- **4.5** GWh/an en immeuble collectif

A noter qu'il s'agit bien du gisement renouvelable et non pas de l'ensemble de la chaleur produite. Cette part de renouvelable est estimée à partir du COP, et seulement si celui-ci dépasse 2,8.

Ce gisement représente l'installation nouvelle de 20 000 PAC aérothermiques par an d'ici 2020. Ces systèmes prennent place, en très grande majorité, dans le parc résidentiel, et plus particulièrement dans les maisons. Le marché des systèmes de chauffage, pour le secteur des maisons individuelles, peut être estimé à 80 000 renouvellements de chaudières et 5 500 constructions neuves. L'installation de 20 000 PAC aérothermiques annuellement représenterait donc une part de marché de 24% captée par ces technologies.

Concurrence

Le développement de la PAC aérothermique rentre en concurrence avec la géothermie et les chaudières bois, parmi les modes de chauffage valorisant des énergies renouvelables

Potentiel de production ~3 200 GWh/an.

NB : Il s'agit de la quantité de chaleur renouvelable et non pas de la quantité de chaleur totale.

Qualité de l'air

Les pompes à chaleur air/air peuvent provoquer une dégradation de la qualité de l'air intérieur. En effet, ces systèmes nécessitent la mise en œuvre d'un chauffage par air soufflé. Ces systèmes peuvent avoir tendance à remettre en suspension les polluants.

Quels objectifs pour 2020 ?

Les pompes à chaleur aérothermiques connaissent une forte croissance depuis quelques années. Ces technologies, d'une installation relativement aisée, sont souvent considérées comme des alternatives avantageuses aux technologies fioul ou gaz (pour les PAC air/eau) ou aux radiateurs électriques (pour les PAC air/air).

Ces technologies possèdent pourtant quelques inconvénients. Les principaux, que nous souhaitons rappeler ici, sont :

- Les COP affichés sont relativement plus élevés que les COP réellement observés en conditions de fonctionnement réelles. Les économies attendues ne sont donc pas toujours au rendez-vous. La valorisation d'énergie renouvelable n'en est alors que plus faible.
- Par périodes de grand froid, le besoin de chauffage croît alors que les coefficients de performance des PAC aérothermiques décroissent assez fortement. Les consommations électriques sont donc rendues extrêmement sensibles à la rigueur climatique. Les pointes de consommation électrique deviennent alors plus brutales. Le système électrique peut être mis en difficulté par la trop grande diffusion de ces systèmes
- Les pompes à chaleur provoquent, lors de leurs démarrages (plusieurs fois par jour), de forts pics de consommation. En milieu rural, ceux-ci peuvent être très préjudiciables au réseau électrique en provoquant de fortes chutes de tension. Ces dernières nécessitent parfois d'onéreux renforcements de réseau. Ainsi, le Syndicat Départemental d'Énergie et d'Équipement de la Vendée (SyDEV) a estimé à 800 000 euros le coût, pour le département, des renforcements de réseau dus à l'installation de PAC.

Pour toutes ces raisons, nous proposons que les objectifs de développement des PAC aérothermiques restent modérés. Cependant, la dynamique actuelle de pénétration de ces technologies dans le parc résidentiel doit également être prise en considération. Ainsi, nous proposons de considérer qu'une part de marché de 15% pour les PAC aérothermiques dans le marché régional des systèmes de chauffage des maisons individuelles est assez pertinente.

Nous poserons donc un objectif de 12 500 installations annuelles de PAC aérothermiques d'ici 2020. La valorisation ENR serait alors, en 2020, de 2 000 GWh.

OBJECTIFS 2020 :

Installation de 12 500 PAC aérothermiques par an d'ici 2020, pour un total de 147 000 en 2020

Valorisation, en 2020, de 2 260 GWh d'énergie renouvelable

Assure 9% des objectifs régionaux de

• Géothermie

Définition

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

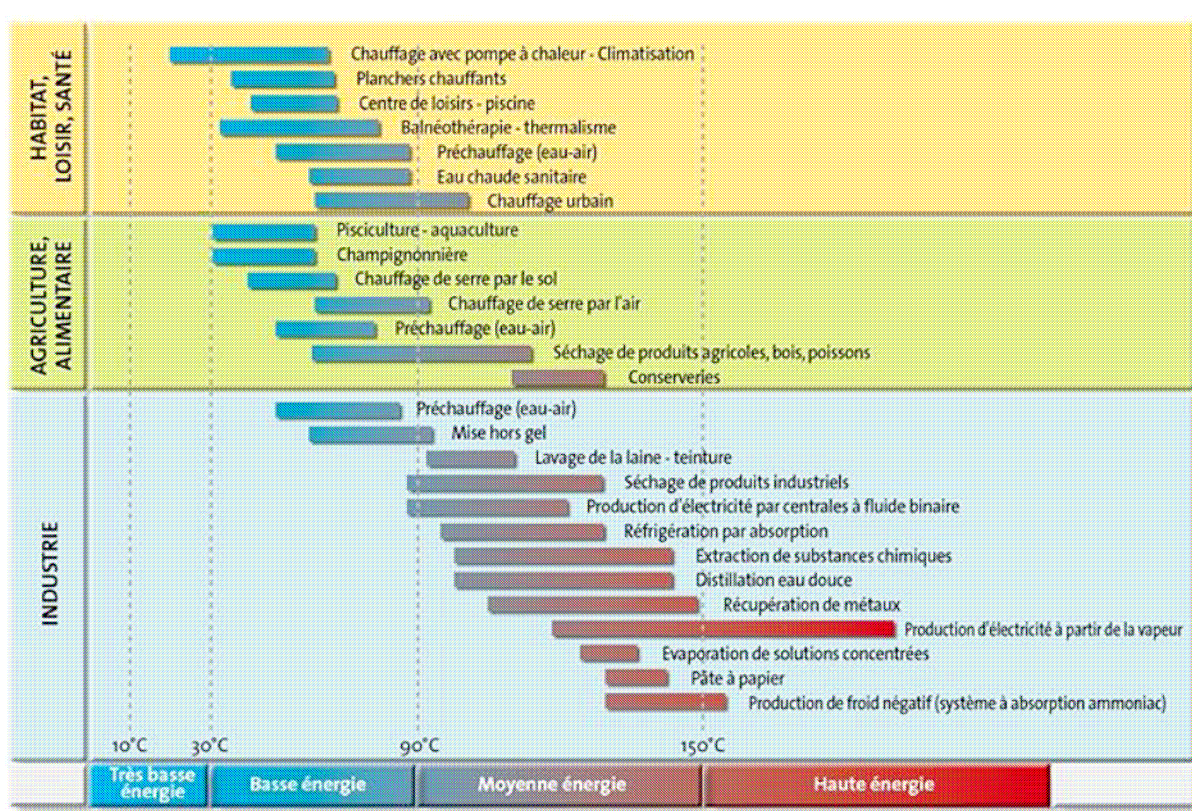


Figure 11 : Principales utilisations de la géothermie en fonction des températures de la ressource

• 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 région Nord-Pas-de-Calais n'est pas concernée.

• 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 région Nord-Pas-de-Calais n'est pas concernée.

• 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.

• 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).

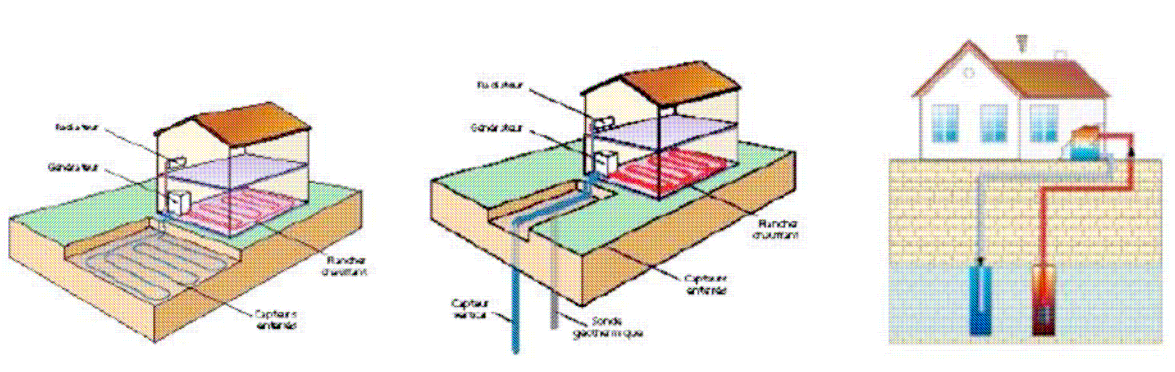


Figure 12 : différents types de géothermie basse température

La géothermie en Nord-Pas de Calais en 2009

Il a été estimé par AXENNE que 4 605 pompes à chaleur sol/sol et sol/eau ainsi que 4 074 pompes à chaleur eau/eau ont déjà été installées au 1^{er} janvier 2010.

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 GWh**.

Production actuelle : 8861 Installations pour ~112GWh/an

Etude de marché PAC Nationale (AFPAC), Recensement Installations collectives (BRGM)

Le potentiel de développement de la géothermie

La région Nord-Pas-de-Calais est principalement concernée par les gisements géothermiques exploitant des bassins sédimentaires peu profonds. Le gisement de développement de la géothermie prend en compte le croisement de plusieurs contraintes (traitées de manière cartographique):

- Le gisement géothermique du sol défini par la conductivité thermique du sol
- Le gisement en nappes aquifères
- Le respect des orientations du Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) concernant :
 - La protection des captages d'eau potable
 - La gestion équilibrée des ressources en eau
- L'état de vulnérabilité des eaux souterraines, qui a été évalué par la DREAL Nord-Pas de Calais, la Région, l'ADEME et le BRGM,
- Les mouvements de terrain recensés par le BRGM
- Les zones inondables

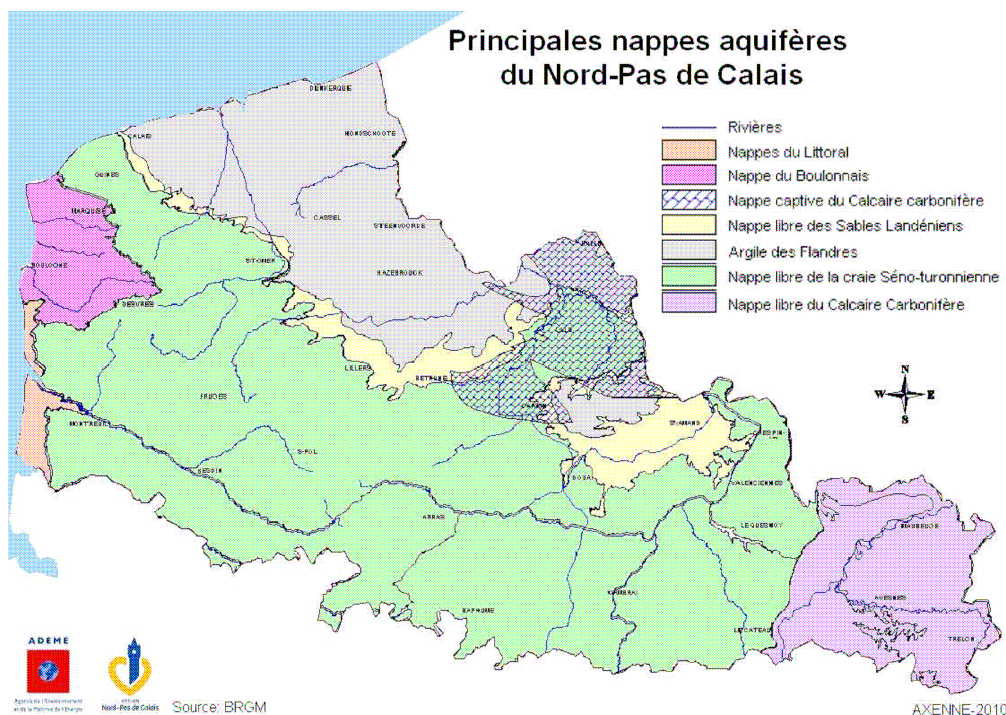


Figure 13 – principales nappes aquifères de la région (données BRGM, traitement AXENNE)

Le croisement de ces données, avec des règles de substitution préférentielle au fioul et au GPL a permis au bureau d'étude AXENNE d'identifier les logements susceptibles techniquement de développer un mode de chauffage géothermique.

	gisement sur EXISTANT (MWh/ an)	gisement sur NEUF à horizon 2020 (MWh/ an)	gisement TOTAL à horizon 2020 (MWh/ an)
MI capteurs verticaux	1 179 465		1 179 465
MI capteurs horizontaux		474 921	474 921
IC capteurs sur nappe		193 356	193 356
TOTAL	1 179 465	668 277	1 847 742

Figure 14 : Répartition du gisement géothermique

Ainsi l'essentiel du gisement géothermique concerne les maisons individuelles avec forage vertical (nécessitant moins de terrain disponible et donc plus propices au développement dans le parc existant). Ceci est également dû à l'importance du parc bâti existant par rapport au parc bâti à construire.

Ces gisements nets ne pourront pas tous être valorisés. Le gisement le plus important se situe sur les maisons existantes, par la pénétration de technologies à capteurs verticaux. Actuellement, seuls 0,6% des logements ciblés comme propices au développement de ces PAC géothermiques en sont réellement équipés. Dans son étude, AXENNE a considéré que l'atteinte d'une part de marché de 1,5% en 2020 et 2% en 2050 était une hypothèse réaliste pour cette portion de parc. Pour l'identification des potentiels de production, nous proposons de conserver cette hypothèse pour l'horizon 2020, mais de s'interroger sur les possibilités d'accélération de la pénétration de cette technologie à l'horizon 2050.

Potentiel de production supplémentaire

Horizon 2020 : ~680 GWh/an

Horizon 2050 : ~2 900 GWh/an

NB : Il s'agit de la quantité de chaleur renouvelable et non pas de la quantité de chaleur totale.

(Calcul Energies Demain depuis étude AXENNE)

Qualité de l'air

Aucune contrainte particulière

Quels objectifs pour 2020 ?

Les pompes à chaleur géothermiques sont des équipements efficaces de valorisation d'énergie renouvelable. Leur développement peut être porté par deux moteurs différents, le parc bâti existant et le neuf, mais qui ont tous les deux des limites :

- Le parc bâti existant : les besoins de chaleur y sont importants et les bénéfices à attendre de l'installation d'une telle technologie peuvent être grands. Cependant, le fait que ces installations n'aient pas été prévues dès la construction les rend difficilement applicables : les capteurs horizontaux exigent une grande superficie totalement disponible, les capteurs verticaux sont de mise en œuvre complexe et onéreuse.
- Le parc neuf : la prise en compte dès la conception de ces technologies permet une intégration plus aisée. Cependant, les réglementations thermiques se durcissant, les besoins de chauffage deviennent de plus en plus faibles. Les coûts des technologies PAC géothermiques deviennent alors élevés pour des consommations relativement faibles. Il est probable que ces techniques ne soient plus appliquées dans le neuf une fois que les besoins auront été drastiquement réduits.

Pour ces raisons nous proposons de considérer que l'effectif de pompes à chaleur géothermiques passe de 8 900 aujourd'hui à 63 300 d'ici 2020. Cela signifierait alors une valorisation d'énergie renouvelable à hauteur de 792 GWh en 2020.

OBJECTIFS 2020 :

Installation de 5 400 PAC géothermiques par an d'ici 2020

Valorisation, en 2020, de 792 GWh d'énergie renouvelable

Assure 3% des objectifs régionaux de production ENR à l'horizon 2020

• Solaire thermique

Sur l'année, l'ensoleillement de la région varie de 1 000 à 1 050 kWh/m².an, ce qui se situe dans la fourchette basse de la plage d'ensoleillement du territoire national.

Cette tendance est similaire sur les mois de décembre et juillet.

Ceci est techniquement suffisant pour le développement du solaire thermique en Nord-Pas de Calais.

Les différents types d'installations

La production solaire thermique peut être différenciée par type d'installation :

- Les chauffe-eau solaires individuels (CESI) permettant de produire de l'eau chaude sanitaire (ECS) pour une maison individuelle ;
- Les chauffe-eau solaires collectifs (CESC) permettant de produire de l'ECS pour un immeuble collectif ;
- Les systèmes combinés : aires combinés (SSC) permettant de produire l'ECS et le chauffage en maison individuelle.

Des simulations de productible thermique ont été effectuées par le cabinet AXENNE permettant de tirer les conclusions suivantes :

- Un CESI 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.
- Un CESC produira 16 500 kWh/an, soit 50% des besoins en eau chaude sanitaire considérés. La productivité des capteurs est de 410 kWh/m².

Installations en Nord-Pas de Calais en 2009

Le tableau ci-dessous résume la production de solaire thermique en Nord-Pas-de-Calais en 2009 :

Type d'installation	Nombre	Surface (m ²)	Production (MWh/an)
Chauffe-eau solaire individuel (CESI)	1 227	7 984	2 994
Système sol combiné : Chauffe + ECS (SSC)	375	3 972	1 589
Chauffe-eau solaire collectif (CESC)	61	4 494	1 896
Total	1 663	16 450	6 479

Production actuelle : 6,5 GWh/an pour 1600 installations

Potentiel de développement du solaire thermique

Le potentiel net maximum de développement du solaire thermique évalué par le bureau d'étude AXENNE est résumé dans les tableaux ci-dessous.

Il s'exprime à travers les hypothèses suivantes :

- Une exclusion des toitures estimées masquées ou mal orientées. 69% des logements sont considérés comme « éligibles ». Pour les SSC cette valeur tombe à 35% compte tenu de la nécessité d'avoir un espace orienté au sud et incliné à plus de 60°
- La capacité d'investissement des propriétaires estimée à 49% pour les CESI, à 50% pour les SSC

- Les piscines supérieures à 200 m² sont retenues
- Les établissements publics de santé, d'hébergement et sportifs sont retenus pour le tertiaire
- 77% des industries faisant un usage important d'eau chaude (agro-alimentaire)

Type d'installation	Gisement sur l'EXISTANT nb d'installations	Gisement sur le NEUF nb d'installation - horizon 2020	Gisement TOTAL nb d'installation
Chauffe Eau Solaire Individuel (CESI)	804 421	49 338	853 759
Système Sol Combiné (SSC)	60 189	46 062	106 251
Chauffe Eau solaire collectif (CESC) sur logements privés	494		494
Chauffe Eau solaire collectif (CESC) sur HLM	794	315	1 109
Chauffe Eau solaire collectif (CESC) Tertiaire public	1 439	1 809	3 248
Chauffage piscines	123		123
Industrie	42		42
TOTAL	867 502	97 524	965 026

Type d'installation	Gisement sur l'EXISTANT MWh/an	Gisement sur le NEUF MWh/an	Gisement TOTAL MWh/an
Chauffe Eau Solaire Individuel (CESI)	1 357 461	83 259	1 440 720
Système Sol Combiné (SSC)	288 906	221 265	510 171
Chauffe Eau solaire collectif (CESC) sur logements privés	19 788		19 788
Chauffe Eau solaire collectif (CESC) sur HLM	31 836	12 474	44 310
Chauffe Eau solaire collectif (CESC) Tertiaire public	40 870	30 159	71 029
Chauffage piscines	3 423		3 423
Industrie	1 594		1 594
TOTAL	1 743 878	347 157	2 091 035

Ce premier potentiel – même pour un potentiel théorique maximum - est très large, puisqu'il représente 965 000 opérations. Le potentiel semble à ce jour assez surestimé, et on considèrera qu'il représente le haut d'une fourchette.

Concurrence

La concurrence la plus directe de ce mode de chauffage est le photovoltaïque avec lequel on peut parler d'une « concurrence de toiture ».

Potentiel de production : ~2 000 GWh/an pour 950 000 installations

Qualité de l'air

Aucune contrainte particulière

Quels objectifs pour 2020 ?

Suite aux ateliers sectoriels, et notamment à l'atelier sur le secteur résidentiel, nous avons pu constater que la diffusion à grande échelle des CESI était une des conditions rendant envisageable l'atteinte des objectifs de réduction des consommations énergétiques, réduction des émissions de GES, réduction des émissions de polluants atmosphériques et amélioration de la qualité de l'air. Nous avons donc pu collectivement constater que l'objectif à atteindre, à horizon 2050, était une mise en œuvre des systèmes solaires partout où cela était techniquement envisageable.

A l'horizon 2020, il semble donc cohérent d'envisager que 20% du potentiel de production identifié ci-dessus devra être atteint. L'objectif de développement des

OBJECTIFS 2020 :

Installation de 29 000 CESI, 10 000 SSC et 2 700 CESC par an d'ici 2020

Valorisation, en 2020, de 400 GWh d'énergie renouvelable

Assure 2% des objectifs régionaux de production ENR à l'horizon 2020

chauffe-eau solaires serait ainsi de 29 000 CEST par an, 10 000 SSC par an, 2 700 CESC... En 2020, l'énergie produite par valorisation du gisement solaire s'élèverait alors à 400 GWh

• Solaire photovoltaïque

Le photovoltaïque peut être intégré sur plusieurs secteurs :

- En toiture des maisons individuelles et des immeubles collectifs
- Sur de grandes toitures : bâtiments commerciaux, industriels, de stockage et agricoles
- En création de structure sur les parkings
- En centrales au sol

Les deux derniers points ont été traités précédemment, dans le chapitre « production centralisée ».

Nous nous intéressons ici au cas du développement de la production d'électricité par valorisation photovoltaïque sur toitures.

Etat des lieux en Nord-Pas de Calais en 2009

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

Production actuelle : 6,1 GWh/an pour 1 300 installations

Potentiel net de développement du photovoltaïque

Le gisement est évalué à partir des contraintes suivantes :

- 69% des toitures sont considérées comme « éligibles » dans l'individuel au regard de leur orientation et l'absence de masques. 41% pour les immeubles, 69% pour les bâtiments sportifs, 77% pour les grands bâtiments industriels et commerciaux, 84% pour les bâtiments agricoles et 40% pour les toitures de parking en surface commerciale.
- La capacité de financement des propriétaires est estimée à 31%
- Le gisement est plafonné à 30m² par installation (limite du crédit d'impôts)

Type d'installation	Gisement sur l'EXISTANT MWh/an	Gisement sur le NEUF MWh/an - Horizon 2020	Gisement TOTAL MWh/an
MI	2 113 838	173 043	2 286 881
IC	975 697		975 697
Tertiaire public	89 271		89 271
Grandes toitures	1 057 056		1 057 056
Bâtiments agricoles	182 407		182 407
Ombrières de parking	55 079		55 079
Centrales sol	59 630		59 630
TOTAL	4 532 978	173 043	4 706 021

Figure 15 : Répartition du gisement solaire thermique (AXENNE)

Ce premier potentiel – même pour un potentiel théorique maximum- est très large, puisqu'il représente 920 000 opérations. Le potentiel semble à ce jour assez surestimé, et on considèrera qu'il représente le haut d'une fourchette.

Concurrence

La concurrence la plus directe de ce mode de chauffage est le solaire thermique avec lequel on peut parler d'une « concurrence de toiture ».

Potentiel de production : ~4 700 GWh/an pour 920 000 installations

Qualité de l'air

Aucune contrainte particulière

Quels objectifs pour 2020 ?

Le développement du solaire photovoltaïque sur toiture, qu'elles soient individuelles ou professionnelles, répond principalement aujourd'hui à une logique d'investissement rémunérateur. Le développement de la filière dépendra donc essentiellement des politiques tarifaires mises en œuvre dans les années à venir.

Les objectifs récemment fixés par l'état en matière de développement de cette filière sont de 100 MW annuels sur les toitures résidentielles et de 100 MW annuels sur les autres toitures de taille petite ou moyenne. La région Nord-Pas-de-Calais représentant environ 10% des surfaces de toiture, mais étant dans la fourchette basse des régions en matière de flux solaire incident, il semble raisonnable de penser que le Nord-Pas-de-Calais pourrait accueillir, au mieux, 10% de ces installations photovoltaïques.

Les objectifs de développement pourraient alors être fixés à 100 MW sur toitures résidentielles et 100 MW sur autres toitures d'ici 2020. La production en 2020 serait alors de 182 GWh ef.

OBJECTIFS 2020 :

Installation de 200 MWc à l'horizon 2020.

Valorisation, en 2020, de 182 GWh d'énergie renouvelable

Assure 0.7% des objectifs régionaux de production ENR à l'horizon 2020

• **La méthanisation**

Définition

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**.

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).

Un point sur les différentes filières de valorisation en 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.

La méthanisation en Nord-Pas-de-Calais en 2009

15 installations de méthanisation sont actuellement en fonctionnement (source : DREAL). Trois types d'installation sont présentes sur le territoire :

- les installations de méthanisation à la ferme,
- les installations de méthanisation collective (boues 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 aux sollicitations sur la production de leur installation ; les six 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.

Production actuelle : les six installations sur lesquelles nous avons une information de production cumulent un total de 63 GWh/an de production thermique et 10 GWh/an de production électrique.

Les gisements mobilisables de méthanisation

Les gisements nets mobilisables ont été déterminés par filière en termes de matière mobilisable et de production d'électricité et de chaleur, par le bureau d'étude AXENNE. Ces résultats sont résumés dans le tableau ci-dessous.

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

Figure 16 : Gisements mobilisables pour la méthanisation (AXENNE)

Concurrence

La méthanisation rentre en concurrence avec plusieurs autres filières sur le partage de la ressource: Biomasse, Incinération, agrocarburants de deuxième génération.

Potentiel de production :

Chaleur :

~ 1300 GWh/an en méthanisation agricole

~870 GWh/an en méthanisation IAA

Electricité :

~ 920 GWh/an en méthanisation agricole

~620 GWh/an en méthanisation IAA

Qualité de l'air

Une attention particulière doit être portée aux projets de méthanisation en matière d'émissions de polluants atmosphériques. En effet, comme toute installation de combustion, une installation de valorisation de

biogaz émettra des polluants atmosphériques. La « qualité » du biogaz sera alors déterminante et permettra notamment de réduire les investissements nécessaires en matière de systèmes de filtration et dépollution.

A cette question se rajoute celle du stockage des effluents agricoles dans le cas de la méthanisation agricole. En effet, ceux-ci sont source d'émission de COV. Une attention particulière devra donc être portée à la conformité de leurs lieux de stockage.

Quels objectifs pour 2020 ?

Les potentiels de production de biogaz peuvent paraître importants, mais il faut garder en mémoire que les ressources sont dispersées sur le territoire et parfois difficilement mobilisables, notamment à un coût compatible avec les autres sources d'énergie. A l'horizon 2020, le bureau d'étude AXENNE propose de considérer qu'un objectif de développement peut être fixé à 5% du gisement identifié. Nous proposons ici de retenir ce chiffre qui nous semble déjà assez volontariste dans ce délai réduit.

OBJECTIFS 2020 :

Production thermique	nouvelle	de	110	GWh
Production électriques	nouvelle	de	75	GWh

Assure 1.3% des objectifs régionaux de production ENR à l'horizon 2020

• Les agrocarburants

Définition

Deux familles d'agrocarburants (ou biocarburants) sont développées en France : le biodiesel, issu du colza et du tournesol, est incorporé au gazole ; et le bioéthanol, issu de la fermentation de betteraves ou de céréales, est incorporé à l'essence. Il s'agit d'agrocarburants de première génération, qui utilisent le grain de la plante.

Font actuellement l'objet de recherches les agrocarburants de seconde génération basés sur l'utilisation de la plante entière - il sera alors possible de valoriser les pailles, les tiges, les feuilles, les déchets de bois ou des plantes dédiées comme le miscanthus ou le switchgrass – et ceux de troisième génération basés sur des micro-organismes photosynthétiques comme les algues.

Objectifs nationaux : incorporation de 7 % d'agrocarburants dans les carburants en 2010 et de 10 % en 2015. La part d'énergie renouvelable dans la consommation d'énergie liée au transport doit être de 10 % en 2020 (objectif européen).

Production actuelle

Production actuelle : Production/Raffinage 60 000/80 000 tonnes d'ETBE

Gisements

Aucune évaluation de gisement ne semble disponible. Mais notons que la production d'agrocarburants pourra prendre une place particulière dans la région. En effet, trois projets ont été agréés à l'issue de l'appel à projet national :

- Usine Lessieur à Coudekerque-Branche à partir de colza essentiellement, avec ajouts d'huile de tournesol et de palme (250 000 tonnes)
- Usine Norester à Petite-Synthe à partir de graisse de bœuf, de porc et de volaille mais aussi d'huile de palme (140 000 tonnes/an)
- Usine Total sur la zone portuaire de Dunkerque de 140 000 tonnes, mais ajourné pour le moment.

Auxquels il faut rajouter la production déjà existante d'ETBE Nord (80 000 tonnes/an)

Tout ceci pourrait aboutir à la production d'environ 390 ktep, soit environ 4500 GWh/an positionnant la région dans un rôle central sur la question de la production des agrocarburants.

Pour l'exercice de bilan, nous proposons cependant de comptabiliser les agrocarburants valorisés en Nord-Pas-de-Calais, c'est-à-dire la quantité qui est utilisée dans les véhicules. Selon cette logique de comptabilité, la valorisation des agrocarburants augmente mécaniquement par l'accroissement du taux d'incorporation de ceux-ci dans les carburants. Avec un objectif de 15% d'incorporation à l'horizon 2015, la valorisation d'agrocarburants en Nord-Pas-de-Calais atteint 4 500 GWh en 2020.

OBJECTIFS 2020 :

15% d'intégration dans les carburants
Valorisation de 4 500 GWh en 2020

Assure 18% des objectifs régionaux de production ENR à l'horizon 2020

Réseaux de chaleur

Introduction

A ce jour, la région Nord-Pas-de-Calais compte environ 25 réseaux de chaleurs principaux auxquels il faut ajouter les réseaux de chaleur dit privés alimentant principalement des logements sociaux. Ces derniers sont estimés entre 30 et 50, ils peuvent devenir des réseaux publics par le raccordement de bâtiments d'autres maîtres d'ouvrage (collectivités locales, ...). De plus, il y a un potentiel de création de réseaux dans des zones présentant une densité énergétique important (développement de ZAC, d'écoquartier...).

Dans les chauffages urbains existants, le « mix » énergétique est largement dominé par le gaz, la valorisation d'ENR et d'énergie fatale représente moins de 10% du « mix » global.

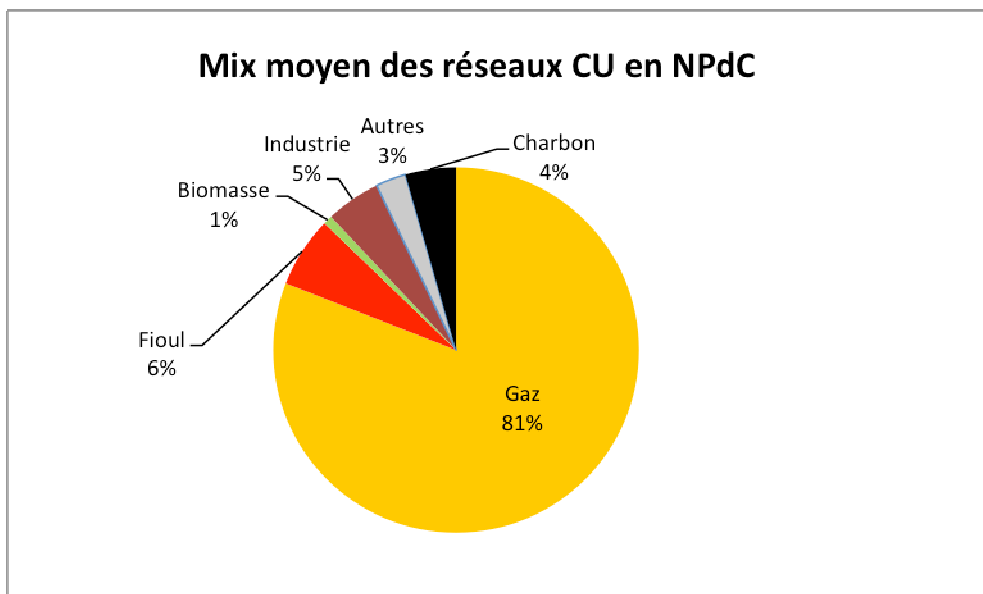
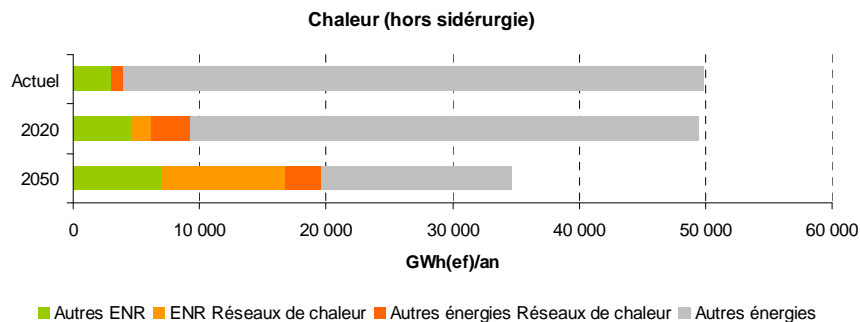


Figure 17 : Estimation mix moyen des CU en NPdC, Source : ViaSeva 2009

Les réseaux de chaleurs représentent un vecteur incontournable pour le développement des énergies renouvelables dans les zones denses du territoire. De fait, l'atteinte d'objectifs ambitieux sur les ENR nécessite de s'interroger sur les potentialités de développement de ces vecteurs énergétiques. On regroupera ainsi sous ce vecteur des réflexions liées à la **biomasse** et son approvisionnement, à la **géothermie** profonde et de surface et à la valorisation des **énergies fatales**⁷.

Dans le scénario « Facteur 4 » proposé par l'association Virage Energies pour la région, les réseaux de chaleurs tiennent ainsi une place importante dans l'atteinte des objectifs avec une multiplication par deux de la production ENR véhiculée dans les réseaux de chaleurs d'ici 2020. L'effort porté par ces réseaux se révélant alors décisif à l'horizon 2050.

⁷ Énergie inéluctablement présente dans certains processus (incinération des déchets, industrie, etc ...) et pouvant être récupérée et valorisée.



Ce scénario est cohérent avec ceux de la PPI chaleur qui impulse fortement le développement des réseaux. Elle vise, dans son scénario médian, à multiplier par 3 le nombre d'équivalent logements raccordés aux réseaux et au passage de 29% à 76% d'ENR dans le mix de ces réseaux. Ce double effort (forte augmentation de la surface de locaux desservie par les réseaux et réorientation du mix de production de chaleur vers les ENR&R) est présenté comme indispensable pour l'atteinte d'objectifs ambitieux.

Questionnements

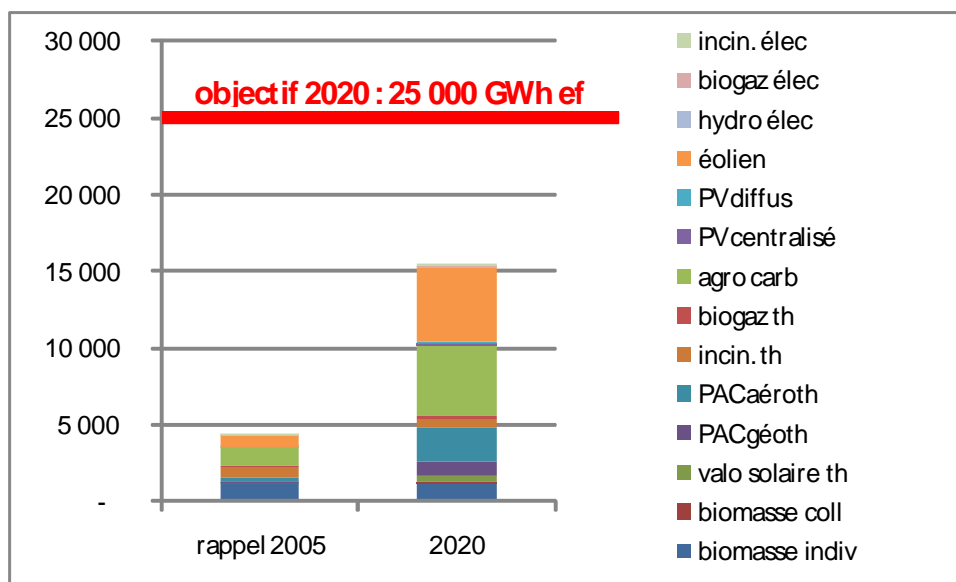
Ceci renvoie donc à deux questionnements :

- Celui du développement des réseaux et les liens entre aménagement du territoire et réseaux de chaleur : quels sont les lieux aujourd'hui desservis ? Quelles sont leurs caractéristiques ? Quels sont les territoires présentant des caractéristiques comparables (donc susceptibles d'être desservis) ? **Quelles zones stratégiques à cibler présentant des seuils de densité critiques en région ?** Sachant que le modèle du chauffage urbain – qui est cher – n'est pas l'unique et que d'autres systèmes adaptés peuvent être imaginés dans certaines banlieues.
- Celui du mix énergétique de ces réseaux. En premier lieu sur les réseaux existants, pour une action à court terme, et dans les réseaux futurs. Ceci renvoie à la question des filières d'approvisionnement de biomasse, des gisements en géothermie profonde et des énergies fatales valorisables.

Nous proposons à la suite une série d'éléments afin d'apprécier les gisements valorisables sur ces différents ressources.

Une première analyse succincte, et à débattre, montre que la valorisation de la biomasse est l'enjeu incontournable pour l'introduction des ENR dans les réseaux de chaleur du territoire. La valorisation des énergies fatales est également un enjeu important, mais les conditions exactes de leur mobilisation sont encore mal connues et plus complexes en terme de pérennité de ressources. Enfin, la valorisation de la géothermie pourrait s'opérer essentiellement à basse et très basse température, et les possibilités d'une valorisation à moyenne température par réseau de chaleur restent marginales.

Afin d'évaluer l'ampleur de l'effort qui devra être porté par le développement des ENR sur réseaux de chaleur, nous proposons ci-dessous une première synthèse des productions à base d'énergies renouvelables, en prenant en compte les objectifs fixés ci-dessus :



Ce premier bilan nous apprend que :

- La croissance des productions ENR entre 2005 et 2020 est principalement portée par :
 - o L'intégration grandissante des agrocarburants dans les carburants des véhicules
 - o Le développement de l'éolien
 - o Le développement des PAC, principalement aérothermiques (surtout les PAC air/eau)
- Le « reste à produire » pour atteindre l'objectif de 25 000 GWh est très important. Il nécessiterait, sans autre modification, un très fort développement des réseaux de chaleur et des modes de production valorisant les ENR. Il faudrait en effet produire environ 9 000 GWh par valorisation ENR sur réseaux de chaleur pour atteindre cet objectif. Cela représenterait donc l'équivalent de 450 000 logements (sur un total d'environ 1 700 000 logements en Nord-Pas-de-Calais). Pour atteindre l'objectif, il faut donc évidemment viser le raccordement, en plus d'un grand nombre de logements, de grandes surfaces tertiaires mais aussi de besoins industriels.

• Réseau Biomasse

La ressource biomasse

Sur la question de la ressource, le constat est le même que celui dressé plus haut : on peut considérer qu'il n'existe pas de ressources supplémentaires disponibles et accessibles en matière de bois d'origine forestière. Néanmoins, la région Nord-Pas-de-Calais est entourée de régions forestières, notamment les Ardennes, pouvant être des zones d'approvisionnement. Il faut également ajouter que la région possède un plan de développement de la forêt qui vise une extension des surfaces boisées. Ces nouvelles surfaces pourraient, à terme, constituer une ressource exploitable pour des besoins énergétiques.

Les haies représentent aussi une ressource valorisable: elles représentent aujourd'hui 17 000 km en Nord-Pas-de-Calais, ce qui est très peu. Il serait possible, d'après les participants au premier atelier, d'atteindre 80 000 km par une politique visant à favoriser les plantations sous forme de haies. Le potentiel de valorisant sous forme de bois énergie pourrait alors atteindre 200 GWh en 2020.

D'après l'étude AXENNE, les bois de rebuts non utilisés et suffisamment « propres » pour être valorisés en bois énergie ne représenteraient que 2 000 tonnes / an.

La mise en place de réseaux biomasse de puissance importante est la clef de voûte pour la structuration d'une filière : cela crée la masse critique suffisante pour accompagner la mise en place d'une filière cohérente pouvant être mutualisée avec des consommateurs plus modestes.

Une approche plus globale intégrant l'impact du transport ainsi que l'impact sur la biodiversité en fonction des zones d'approvisionnement peut alors être intéressante pour définir les zones voulues d'approvisionnement.

Gisement identifié pour le chauffage urbain et les ENR sur réseau

Il n'existe pas à ce jour d'étude détaillée sur les potentiels de développement de la biomasse, quelques chiffres néanmoins :

- *Le passage du mix des réseaux de chaleur existants à 60% de biomasse permettrait de dégager un production de l'ordre de 500 GWh/an*
- *Le passage du mix des réseaux de vapeur industrielle à 40% de biomasse permettrait de dégager une production de l'ordre de 560 GWh/an*
- *Une dizaine de projet de réseau biomasse sont actuellement à l'étude pour une production de l'ordre de 200 GWh/an*

Ceci permet d'évaluer un gisement d'environ 1260 GWh/an qu'on pourra considérer comme la fourchette basse d'un potentiel.

A titre indicatif, la traduction régionale du Fonds Chaleur pour le bois énergie donne un objectif de 320 000 tep (8% de l'objectif national) soit 3 700 GWh/an, toutes cibles hors particulier.

Potentiel de production : Mal connu, mais supérieur à 1 200 GWh/an

Qualité de l'air

Au regard de la question de la qualité de l'air, les réseaux de chaleur sont des systèmes plus adaptés pour permettre la pénétration de cette énergie renouvelable dans les zones urbanisées de la région que les systèmes individuels au bois. Il est alors possible d'utiliser des systèmes évolués de filtration et d'assurer des procédures de suivi/contrôle, notamment sur les émissions de poussières.

Il s'agira alors de s'interroger sur les technologies à favoriser et les modes de filtration/ dépollution permettant d'accompagner une augmentation du nombre de chaufferies centralisées sur le territoire.

• **Energie fatale : Incinération des déchets**

Etat des lieux en Nord-Pas-de-Calais en 2009

Il y a cinq 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 155 527 MWh/an d'électricité renouvelable et 585 231 MWh/an de chaleur renouvelable en 2009.

Production actuelle : 155 527 MWh/an d'électricité renouvelable et 585 231 MWh/an de chaleur renouvelable en 2009.

Potentiel de développement de l'incinération des déchets

Il existe peu d'évaluation précise concernant les potentialités de développement de production de chaleur et d'électricité par incinération. L'expertise du bureau AXENNE estime que ce potentiel serait de l'ordre de 20% d'augmentation pour la chaleur ce qui donne un gisement de développement de **117 GWh/an** et de 10% d'augmentation pour l'électricité soit **15 GWh/an**.

Cette estimation semble faire l'hypothèse que le développement et la valorisation des incinérateurs sont déjà poussés, et que les valorisations restantes à faire sont marginales.

Potentiel de production : 117 GWh/an en thermique 15 GWh/an en électricité.

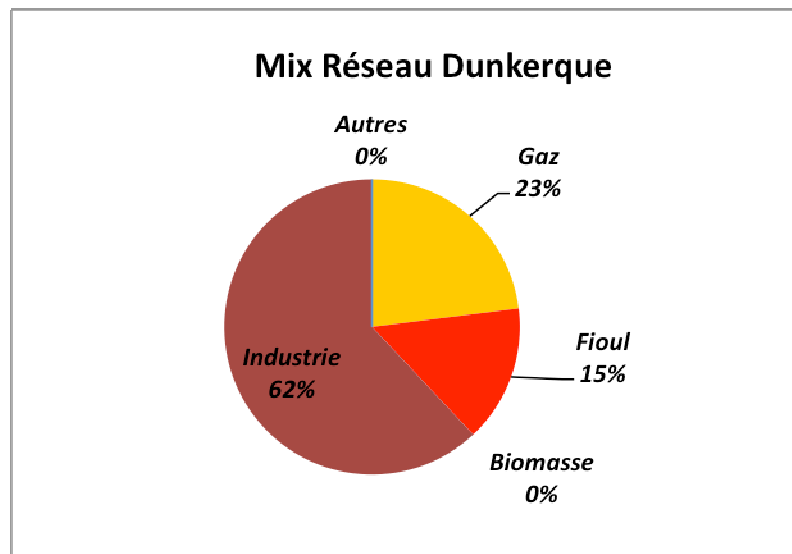
Qualité de l'air

Le coût total des installations d'incinération permet un investissement dans des systèmes de filtration et de dépollution évolués. Ces investissements doivent permettre de respecter des normes strictes en matière de rejets de polluants atmosphériques. Ces rejets doivent par ailleurs faire l'objet de contrôles réguliers.

• **Energie fatale : Industrie**

Etat des lieux en Nord-Pas-de-Calais en 2009

Le réseau de Dunkerque est exemplaire où l'énergie perdue des chaînes d'agglomération d'Arcelor Mittal fournit près de 60% de la chaleur nécessaire à 15 000 équivalents logements.



Production actuelle : Unité de Dunkerque : 60% de chaleur pour 15 000 équivalent logements

Potentiels régionaux

Les potentiels réels de développement de récupération d'énergies fatales issues de l'industrie ne sont pas bien connus et devraient faire l'objet d'une analyse détaillée. Elles sont issues du croisement de deux contraintes :

La viabilité économique du réseau mis en place

- o Longueur et coûts de raccordement
- o Risque de disparition de l'unité industrielle
- o Saisonnalité des productions et demandes disponibles

La disponibilité de la chaleur : sur ce point une première évaluation a été menée dans le cadre de l'étude « Gisement énergétique : quelles valorisations » menée par le cabinet E&E. La récupération a été estimée en considérant qu'elle se fait à basse température (réseau à 80°C ou 90°C). Il a été considéré que l'énergie était valorisable essentiellement sur les procédés utilisant des très hautes températures et après leur valorisation pour le préchauffage des procédés ou le chauffage des locaux. Cette analyse montre un potentiel mobilisable pour les secteurs résidentiel et tertiaire de l'ordre de **580 GWh/an**.

Potentiel de production : pour les secteurs résidentiel et tertiaire un potentiel de l'ordre de 580 GWh/an.

Qualité de l'air

Dans ce cas, les problèmes de qualité de l'air sont directement gérés par les industriels, souvent eux-mêmes soumis à des normes strictes en matière de rejets de polluants atmosphériques.

• Géothermie

Géothermie et réseaux de chaleur dans le Nord-Pas de Calais

La région présente principalement des bassins sédimentaires peu profonds. Ce ne sont pas les ressources les plus adaptées à une exploitation par réseaux de chaleur, qui nécessitent souvent l'atteinte de hautes températures.

Pour cette raison, il n'existe pas de réseaux de chaleur de ce type en Nord-Pas-de-Calais actuellement.

Potentiels régionaux

La valorisation de la géothermie pourrait ainsi se faire principalement pour des installations à basse et très basse énergie, adaptées pour l'alimentation en chaleur de maisons ou d'immeubles. Ce potentiel a déjà été évalué dans la section « production décentralisée » (se reporter au chapitre).

Il est ainsi proposé comme hypothèse de travail que le potentiel de valorisation de l'énergie géothermique en moyenne température via des réseaux de chaleurs est considéré **comme marginal, voire nulle**.

• Récupération de chaleur sur les eaux usées

Un point sur la technologie

La récupération de chaleur sur eaux usées est un procédé émergent de récupération des énergies fatales issues des eaux du bâtiment : Salle de bain, lave-linge, lave-vaisselle, etc : d'une station d'épuration ou directement auprès du collecteur des eaux usées.

Un fluide caloporteur va capter les calories des eaux usées par l'intermédiaire d'un échangeur de chaleur, puis restituera cette énergie au réseau de chauffage ou au système de production d'eau chaude sanitaire, souvent par l'intermédiaire d'une pompe à chaleur.

Production actuelle

Cette technique n'est pour l'instant pas utilisée en Nord-Pas-de-Calais.

Gisements

Le cabinet AXENNE a estimé que ce type de procédé innovant pouvait être valorisé à hauteur de 70 GWh/an d'ici 2020. Bien que le gisement énergétique reste marginal, on peut s'interroger sur l'importance de faire émerger plus massivement cette nouvelle filière sur laquelle les retours d'expérience sont encore trop peu nombreux. Elle pourrait prendre une place plus importante sur un horizon 2020-2050.

Potentiel de production : 0-100 GWh/an

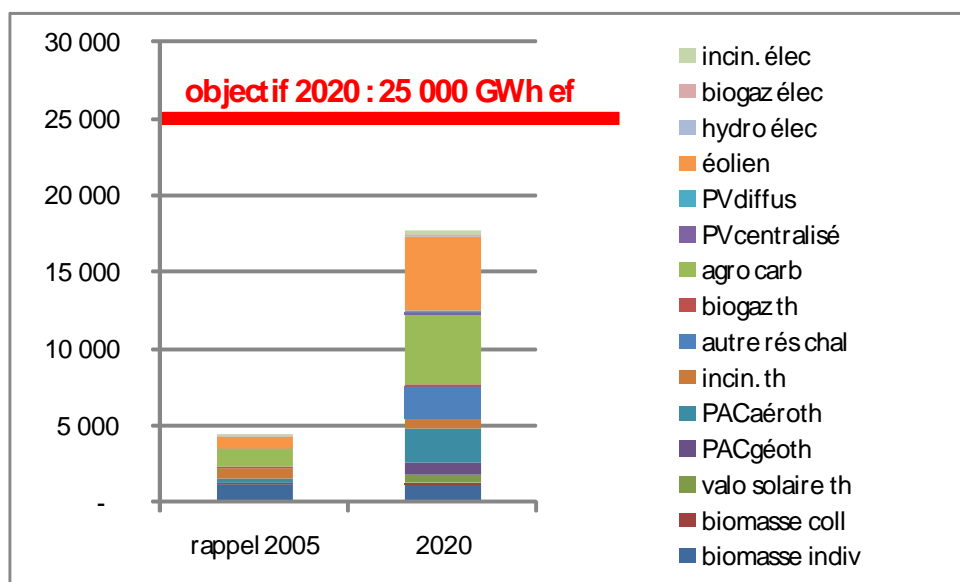
• Synthèse sur les réseaux de chaleur

La somme des potentiels de valorisation des ENR raccordables à un réseau de chaleur serait alors la suivante :

	valorisation ENR 2020 (GWh / an)
biomasse	1 200
incinération déchets	132
énergie fatale industrie	580
géothermie	-
récupération chaleur eaux usées	70
TOTAL	1 982

Nous constatons que ce potentiel ne permet d'atteindre qu'environ un cinquième du « manque à produire » qui avait été identifié en début de chapitre.

Le bilan global de valorisation des ENR à horizon 2020 serait alors le suivant :



L'objectif de production de 25 000 GWh ef par valorisation d'énergies renouvelables semble donc difficile à atteindre à l'horizon de 2020. Cependant, il est bon de rappeler que la région Nord-Pas-de-Calais part d'une situation plus dégradée que la moyenne nationale en matière de part des ENR dans le mix énergétique. Il peut donc être logique qu'il lui soit plus difficile d'atteindre l'objectif de 23% d'ENR. De plus, selon la prise en compte ou pas de l'industrie sidérurgique, qui pèse lourd dans le bilan énergétique régional, cet objectif aurait été plus ou moins difficile à atteindre.

Cependant, afin d'améliorer ce constat, plusieurs pistes s'ouvrent à nous. Il nous faut donc les mettre au débat :

- Réduire plus fortement les consommations énergétiques dès 2020
- Revoir les règles de limitation de la diffusion de certaines technologies :
 - o bois énergie dans le secteur domestique
 - o PAC aérothermiques
- Investiguer plus profondément des ressources sous estimées :
 - o Géothermie sur nappe
 - o Développement de la récupération de chaleur sur incinérateurs ou process industriel
 - o Valorisation du solaire thermique dans l'industrie

