

Prospective énergétique à 2050 en Nord-Pas de Calais



**Réalisé par Futur Facteur 4
pour la Direction Régionale de l'ADEME
Marché N°1136C0162**

Octobre 2013

Rapport rédigé et mis en forme par :

Hadrien HAINAUT

Bruno FILLIARD

Florian WILLERVAL

Luc JODET

Yves HELARY

Sous la conduite de Pierre RADANNE

Contact Futur facteur 4:

Hadrien HAINAUT

hadrien.hainaut@ff4.fr

14 Cité Griset, 75011 PARIS

01 43 46 52 66

Pierre RADANNE

pierre.radanne@ff4.fr

14 Cité Griset, 75011 PARIS

01 43 46 52 66

Contact ADEME:

François BOISLEUX

20 rue du Prieuré

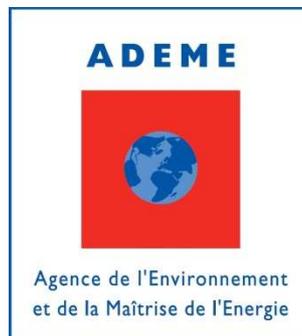
59 500 DOUAI

03 27 95 89 70

Table des matières

1. Vers une transition énergétique pour atteindre le facteur 4	4
2. Les règles du jeu.....	5
2.1. Les sources régionales	5
2.2. L'état des convergences et des divergences	6
2.3. Les effets du changement climatique	7
3. La construction des scénarios	7
3.1. Méthodologie.....	7
3.2. Les visions économiques	8
3.3. Les modes de vie à 2050.....	10
3.4. Les principales options sectorielles.....	13
3.5. Tableaux de synthèse des scénarios	19
4. Les résultats issus de la modélisation	21
4.1. Les scénarios tendanciels	22
4.2. Les scénarios volontaristes	22
4.3. Le bouclage offre-demande.....	24
4.4. Focus sur les renouvelables thermiques	31
4.5. L'avenir des réacteurs nucléaires	33
5. Conclusions.....	35

Synthèse



Prospective énergétique à 2050 en Nord-Pas de Calais

1. Vers une transition énergétique pour atteindre le facteur 4

Le secteur de l'énergie connaît des cycles très marqués. Un premier a été induit par la reconstruction de l'après-guerre, un second par le choc pétrolier de 1973, à ce moment les 2/3 de l'énergie consommée en France étaient du pétrole. En réaction à ce choc pétrolier, un effort massif d'investissement a été engagé dans l'ensemble de l'économie (changements d'énergie, renouvellement du parc électrique, économies d'énergie dans l'industrie lourde, le logement social...). Les investissements ont été pour l'essentiel achevés dans la deuxième moitié des années 80. Ensuite, ceux-ci furent d'autant plus faibles que le prix du pétrole avait chuté et que la croissance économique était ralentie. Une situation qui s'est prolongée pendant 25 ans.

Nous entrons maintenant dans un troisième cycle puisque ces investissements vont pour les plus anciens approcher de quarante ans.

C'est maintenant le système énergétique du demi-siècle qui vient qu'il faut concevoir.

Ce nouveau cycle présente des points communs et des différences avec le précédent :

- des prix élevés des énergies, mais pour une raison différente, à savoir une forte hausse de la consommation mondiale tirée par les pays émergents tandis que l'exploitation des nouveaux gisements s'avère plus coûteuse que celle des anciens ;
- par ailleurs, l'épuisement progressif des ressources en hydrocarbures débouchera sur une élévation des prix et présentera des risques géopolitiques sur l'accès aux ressources ;
- l'accident de Fukushima a confirmé les risques liés au nucléaire tandis que le coût du kWh nucléaire est revu à la hausse ;
- par contre, de grands progrès ont été effectués progressivement en matière d'efficacité énergétique et de valorisation des énergies renouvelables ;
- une grave situation de crise économique qui se caractérise pour la France par le creusement insupportable du déficit du commerce extérieur ;

- surtout dorénavant la nécessité de lutter contre le changement climatique, ce qui exige pour la France une division par 4 de ses émissions de gaz à effet de serre d'ici 2050.

Tous ces facteurs appellent une profonde transition énergétique. Celle-ci implique un changement au plan de la gouvernance car la très forte réduction des émissions de gaz à effet de serre dans un délai aussi contraint nécessite une contribution de tous les acteurs, ce que seul peut réussir une mise en œuvre opérationnelle au niveau des territoires.

Les acteurs de la région Nord-Pas de Calais se sont engagés dans plusieurs démarches pour lutter contre le changement climatique et l'amélioration de la qualité de l'air à travers le Schéma Régional Climat Air Énergie (SRCAE), le Plan Régional Santé Environnement 2 (PRES2) ou encore le programme de recherche « repenser les villes dans une société post-carbone » réalisé à l'échelle de la Communauté urbaine de Lille Métropole.

Cependant, en plus du changement climatique, le Nord-Pas de Calais est confronté à d'autres défis notamment sur le plan de la santé publique et de l'emploi : (1) du point de vue des risques sanitaires liés à la qualité de l'air, le Nord-Pas de Calais est particulièrement concerné par la problématique des particules liées aux polluants atmosphériques puisqu'elle a fait l'objet de nombreux dépassements de valeurs limites depuis 2007. Elle affiche un indice de mortalité 37% supérieur à la moyenne nationale et un indice de développement humain 18% inférieur à la moyenne nationale ; (2) du point de vue de l'emploi, la région révèle un taux de chômage supérieur à la moyenne nationale de 3 à 4 points pour atteindre 14% au premier trimestre 2013.

C'est pourquoi l'ADEME Nord-Pas de Calais souhaitait réaliser une étude amenant le territoire et ses acteurs au facteur 4 d'ici 2050 tout en maximisant les composantes emploi et santé de la région.

2. Les règles du jeu

Le processus de transition énergétique influe profondément la manière même de faire :

- La mise en œuvre des potentiels d'efficacité énergétique, de valorisation des énergies renouvelables et plus encore les progrès nécessaires au plan des comportements individuels et d'organisation collective rendent nécessaires un changement profond de gouvernance en impliquant les collectivités locales et territoriales.
- La transition énergétique va devoir faire appel à un bouquet diversifié d'énergies et optimiser la relation entre l'offre et la demande d'énergie, notamment à travers la gestion des réseaux.
- La mise en œuvre des filières et l'engagement des investisseurs nécessitent une prévisibilité stratégique afin de stimuler l'investissement. Il est en outre indispensable de renforcer la formation professionnelle.
- Le besoin d'investissements massifs induit une articulation optimale entre les crédits publics et les capacités bancaires et qui prenne en compte la rentabilité des filières, la durée de vie des équipements et les capacités financières des consommateurs finaux d'énergie.

2.1. Les sources régionales

Autre règle fondamentale, le processus de construction des scénarios doit s'appuyer au maximum sur les travaux régionaux existants :

- En premier lieu, le scénario retenu dans le Schéma régional climat air énergie (SRCAE), avec des potentiels identifiés à 2020 et à 2050. Ces travaux reprennent « l'Étude sur l'efficacité énergétique en Nord-Pas de Calais » d'Energies Demain et d'E&E Consultants pour l'ADEME et le Conseil Régional;
- Parallèlement, le Schéma régional d'aménagement et de développement durable du territoire (SRADDT) a élaboré un scénario « facteur 4 » à 2050 ;
- L'association Virage Energie Climat a produit en Nord-Pas de Calais un scénario régional qui reprend les grandes lignes du scénario Négawatt au niveau national ;
- AXENNE a réalisé en 2011 pour l'ADEME Nord-Pas De Calais et le Conseil Régional une étude panoramique des potentiels d'énergies renouvelables qui explore très en détail les différentes filières électriques et thermiques.

A cela viennent s'ajouter d'importantes contributions au niveau national, en particulier les « Visions énergétiques 2030-2050 » de l'ADEME, qui ont servi de référence sur les technologies disponibles et leurs performances (en particulier au niveau des transports).

2.2. L'état des convergences et des divergences

Le débat sur la transition énergétique engagé au niveau national a permis de mettre en évidence des points de convergence et de divergence entre acteurs. Les divergences, souvent mises en avant, sont bien connues :

- Les filières énergétiques : le choix du nucléaire pour la production d'électricité, l'exploitation des gaz de schistes ;
- L'évolution future de la consommation d'énergie, c'est-à-dire du niveau des progrès attendus d'efficacité et de sobriété énergétique, avec régionalement un point particulièrement sensible lié à l'attractivité du territoire ;
- Les divergences qui précèdent ont en grande partie pour source des divergences sur les modes de vie du futur, en particulier sur la manière de se déplacer et de se nourrir.
- Les divergences sur les compétences institutionnelles et la gouvernance en matière de production et distribution d'énergie.

Simultanément, il existe de nombreux points de convergence, essentiellement de nature économique qui portent sur :

- les coûts futurs croissants des énergies, à commencer par les hydrocarbures,
- le constat des besoins considérables d'investissements du nouveau cycle énergétique, 40 ans après le choc pétrolier de 1973,
- la raréfaction progressive des ressources en hydrocarbures,
- l'exigence de lutter contre le changement climatique,
- la priorité à assurer la sûreté nucléaire (exploitation des centrales actuelles, démantèlement des réacteurs, gestion des déchets...),
- la gravité du déséquilibre de la balance commerciale et de la crise économique avec la situation de précarité énergétique à laquelle de nombreuses familles sont de plus en plus confrontées,
- la nécessité de construire une culture collective de l'énergie pour assurer la progression des comportements individuels et collectifs,
- la nécessité d'une vision stratégique à long terme pour parvenir à mobiliser les différents acteurs dans cette transition énergétique, avec en conséquence un renforcement du cadre de régulation et de gouvernance au niveau territorial.

2.3. Les effets du changement climatique

Le changement climatique est associé à trois effets principaux :

- La canicule qui touche les populations les plus fragiles (personnes âgées, enfants), sécheresse ;
- Les inondations découlant d'une augmentation de la pluviométrie ;
- L'augmentation du niveau de la mer, résultant de l'expansion de la mer et donc de modification forte du trait de côte.

Les deux effets les plus forts sont surtout le 3^{ème}, puis le 2^{ème}.

La limitation des émissions des gaz à effet de serre est donc impérative, sauf à voir le littoral de Calais à la Belgique (y compris l'industrie dunkerquoise) dévasté dans le siècle à venir et l'entrée des eaux envahir la Flandre intérieure jusqu'à St Omer dans le siècle suivant.

Cette adaptation au changement climatique est nécessaire pour les territoires.

3. La construction des scénarios

A partir des règles présentées ci-dessus, un premier bouquet de scénarios a été élaboré.

3.1. Méthodologie

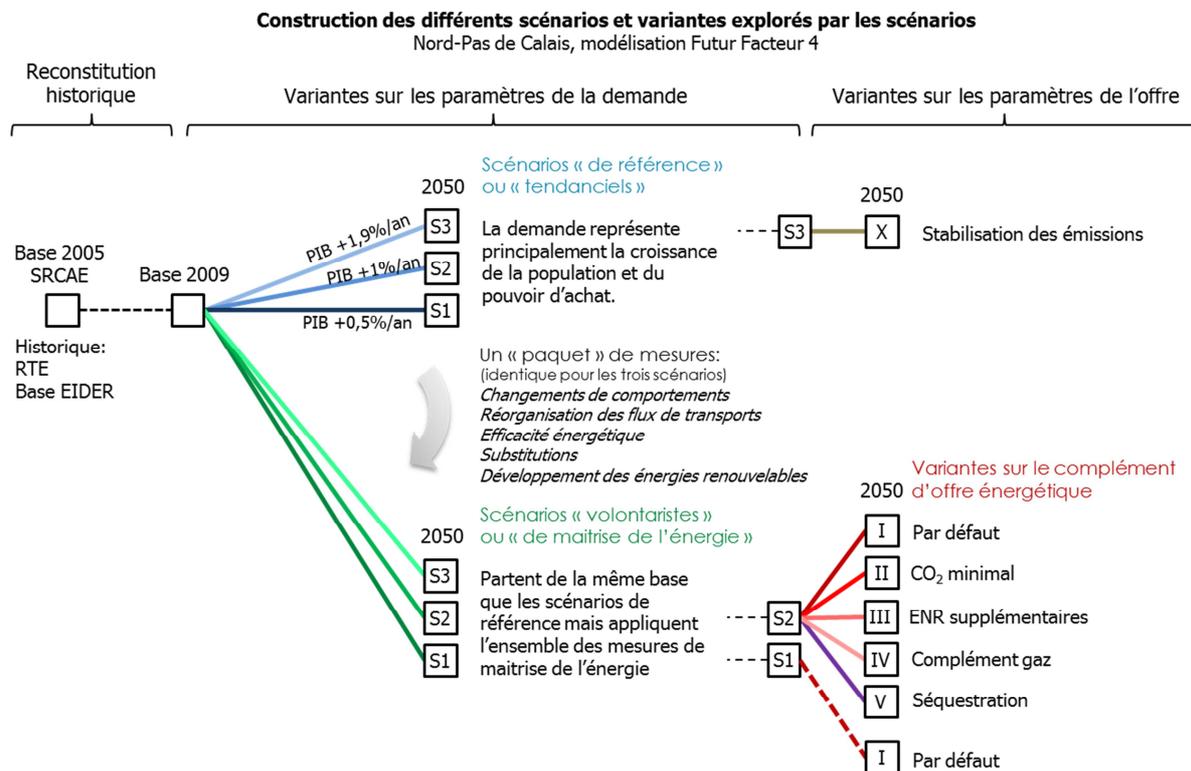
A partir de la base des consommations du SRCAE en 2005, la modélisation proposée par Futur Facteur 4 a été effectuée en plusieurs étapes :

- La première étape, commune à tous les scénarios, est de prendre en compte l'évolution historique des consommations régionales jusqu'en 2009, année la plus récente des statistiques du RTE et de la base EIDER (certaines données disponibles jusqu'en 2010).
- A partir de trois scénarios de croissance économique, a pu être déclinée une première évolution des besoins jusqu'en 2050, que l'on qualifiera de « référence ». Ces scénarios présentent une évolution probable de la demande en énergie sous l'effet de la croissance démographique et du pouvoir d'achat de la population. Les comportements et l'organisation collective y restent très proches de ce qu'on connaît aujourd'hui. Les technologies moyennes de 2012 se généralisent dans les véhicules particuliers ou les logements sous l'effet du remplacement des équipements arrivés en fin de vie.
- Un paquet de mesures, commun à tous les scénarios, est élaboré en comprenant des changements de comportements, une réorganisation collective de l'habitat et des transports, et des efforts d'efficacité dans tous les secteurs. L'efficacité couvre à la fois l'évolution des comportements et le développement des meilleures technologies contenues aujourd'hui. Le contenu du paquet de mesures s'inspire des références nationales (ADEME Vision 2030-2050) ou régionales (SRCAE, SRADDT). Des substitutions d'énergie ont lieu pour favoriser les vecteurs les moins polluants (électricité, bois, gaz) en remplacement du pétrole et du charbon notamment dans l'industrie.
- L'application de ce paquet de mesures aux trois scénarios de référence permet de dériver trois scénarios dits « volontaristes » ou de « maîtrise de l'énergie ». Ces scénarios aboutissent à une forte réduction des consommations d'énergie par rapport aux scénarios de référence.
- Sur le plan de l'offre énergétique, un premier exercice consiste à mesurer les potentiels de déploiement des énergies renouvelables, en tenant compte des études

réalisées par l'ADEME (2011), du SRADDT, du SRCAE. Par défaut, ces potentiels sont retenus pour l'ensemble des scénarios volontaristes.

- Les potentiels des ENR ne parvenant pas à couvrir entièrement la consommation d'énergie, notamment d'électricité, cinq options de complément sont explorées dans cette synthèse.

Etant donné la multiplicité des options, une sélection des scénarios les plus éclairants a été effectuée. Le schéma ci-dessous résume la construction des scénarios :



3.2. Les visions économiques

Trois taux de croissance

Il est évidemment difficile d'estimer l'évolution de l'économie dans le siècle à venir. Dans le cadre de cet exercice, trois hypothèses ont été faites pour embrasser le mieux possible le futur.

La démarche poursuivie n'a pas seulement consisté à intégrer les progrès technologiques et de comportements, mais à aborder en profondeur l'évolution économique dans son ensemble, y compris les changements de structure entre secteurs consommateurs et au plan des modes de vie.

- Une croissance de 0,5% qui correspond presque à une hausse moyenne de 20% des revenus dans les décennies à venir**

Un scénario de croissance faible prendrait de plein fouet la hausse future des prix des énergies. La hausse générale des prix des énergies devrait être de l'ordre de 50% d'ici 2030.

Ce scénario serait donc confronté à de profondes difficultés : tendanciellement hausse du chômage, creusement des inégalités sociales et part croissante des dépenses énergétiques dans le revenu des ménages. Et ce, dans un contexte général de perte de compétitivité industrielle notamment dans les industries de première transformation des matières premières.

La question s'est donc posée dans un tel contexte quelle pourrait être la réponse appropriée d'une transition énergétique qui viserait à contrebalancer ces effets négatifs.

La réponse consisterait alors, dans un tel contexte qui n'est pas à écarter, de rechercher des perspectives de croissance endogène, c'est-à-dire qui s'appuient sur les capacités propres de notre pays.

Quatre voies se dégagent alors :

- La sobriété des comportements pour diminuer les dépenses ;
- L'efficacité énergétique, notamment des bâtiments résidentiels pour endiguer la montée de la précarité énergétique, et réduire la dépendance énergétique extérieure ;
- La réduction de la dépendance pétrolière des transports ;
- La valorisation des énergies renouvelables, c'est-à-dire les seules ressources dont dispose le territoire régional.

Il s'est alors dégagé que tous les autres scénarios économiques avaient le même intérêt de valoriser ces capacités de développement endogène. Elles ont donc été développées dans tous les scénarios.

- ***Une croissance de 1,9% qui prolonge la tendance des 4 dernières décennies***

Et ce, à titre exploratoire, même si celle-ci n'est guère probable du fait du ralentissement démographique et de la baisse prévisible d'une partie de l'industrie lourde. Il correspondrait à une capacité de l'industrie régionale à résister à la concurrence internationale (agroalimentaire, matériaux de construction, mécanique, industrie manufacturière...) et à un développement du secteur tertiaire, notamment les services aux entreprises, aux particuliers (notamment de transport et de santé).

Ce scénario compte tenu des progrès de maîtrise de l'énergie et de valorisation massive des renouvelables régionales, notamment l'éolien terrestre et offshore et le biogaz) comprendrait le développement de nouvelles activités (y compris leur amont industriel) : réseaux communicants, gestion décentralisée de l'énergie dans un contexte de nouvelle révolution industrielle.

Ce scénario serait évidemment moins sensible à la hausse des prix des énergies que le premier grâce à l'accroissement de revenu des ménages. En revanche, il rencontrerait des difficultés accrues à maîtriser l'étalement urbain du fait d'un développement de l'habitat en maison individuelle surtout à s'inscrire dans une division par quatre des émissions de gaz à effet de serre pour 2050.

- ***Une croissance intermédiaire de 1%***

Il correspondrait à une hausse du revenu moyen de 50% en 2050.

Ce scénario a été construit en puisant des éléments dans les deux précédents. Il comprend comme le premier une valorisation intensive des potentiels de sobriété et d'efficacité énergétique, de réduction de la dépendance pétrolière des transports et de valorisation des énergies renouvelables régionales.

Il compense un plus fort affaiblissement que le deuxième des industries traditionnelles soumises à une forte concurrence internationale en reprenant de celui-ci une orientation vers une nouvelle révolution industrielle notamment à travers le développement des réseaux communicants.

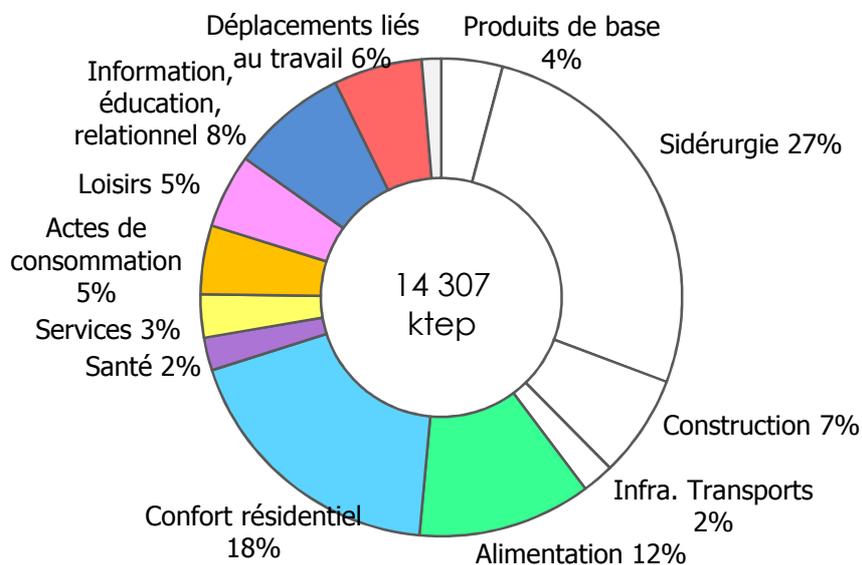
3.3. Les modes de vie à 2050

La lisibilité de la transition énergétique à long terme pour le citoyen dépend de la capacité qu'il a de se projeter dans les modes de vie associés à ces trajectoires énergétiques. Il est donc essentiel de renvoyer les différentes consommations d'énergie dans les catégories d'usage qui correspondent aux actes de la vie quotidienne.

3.3.1. Les catégories d'usage en 2005

Chaque catégorie d'usage regroupe les consommations mises en œuvre en tout point de la chaîne d'approvisionnement pour répondre à un besoin du consommateur. Dans le cas de l'alimentation, on parle de calcul « de la fourche à la fourchette ». L'usage « santé » recouvre les hôpitaux, l'industrie pharmaceutique, les circuits en ambulance et les déplacements des personnes pour se rendre chez leur médecin... (voir pour plus de détail le rapport complet).

Consommation d'énergie par catégorie d'usage en 2005 en Nord-Pas de Calais



Les spécificités régionales expliquent la part très importante des catégories « en amont » c'est-à-dire les branches de l'industrie lourde (non spécifiques à un usage précis et donc ventilée entre ceux-ci et ne correspondant pas strictement aux consommations régionales), au premier rang desquelles se situe la sidérurgie. Les évolutions de ces consommations découlent des profils d'évolution de l'industrie décrits dans les visions économiques.

Hors industrie lourde, les besoins fondamentaux que constituent l'alimentation et la viabilisation des logements (chauffage, eau chaude sanitaire et éclairage) représentent la moitié de la consommation des ménages. Leur croissance tendancielle devrait être très faible tandis qu'ils présentent de très grands potentiels de maîtrise de l'énergie et de réduction des émissions de gaz à effet de serre.

Les autres usages : santé, services dématérialisés, actes de consommation, loisirs et vacances, éducation et gestion des relations (par électronique ou par déplacement), les déplacements liés au travail, qui absorbent l'essentiel des progrès de niveau de vie, représentent l'autre moitié. Les croissances tendancielle les plus fortes concernent les loisirs, la gestion des relations et la santé.

3.3.2. Les évolutions à 2050

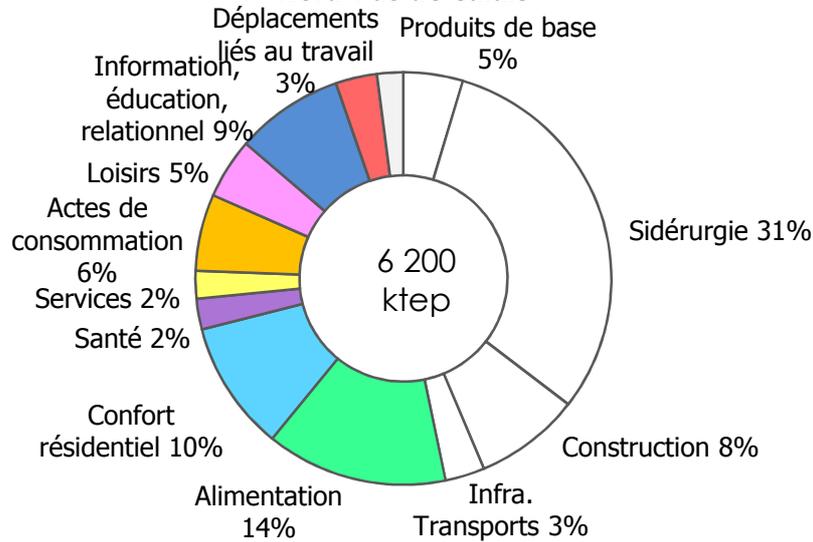
Plusieurs grandes tendances ont été explorées dans les scénarios :

- L'assiette du consommateur évolue, prolongeant les tendances déjà observées depuis quelques années sur la réduction des viandes rouges au profit des protéines végétales. Cette évolution des comportements s'accompagne d'un effort de consommation locale qui permet un déploiement des circuits courts de distribution. La tendance à consommer plus de plats à l'extérieur s'accroît dans le scénario 3 de pouvoir d'achat élevé mais se stabilise dans les scénarios 1 et 2.
- La santé devient un motif de consommation important, avec le vieillissement marqué de la population. En plus d'une nécessaire extension des surfaces d'accueil dans les hôpitaux, les maisons de retraite, un effort d'organisation est mené pour se rapprocher des lieux de vie des personnes âgées (services à la personne, télémédecine).
- Les services accentuent leur dématérialisation avec la généralisation des technologies d'information et de communication. La gestion des dossiers administratifs (banque, assurance, état civil) ne nécessitent plus guère de déplacements individuels. Les services aux entreprises se développent mais avec une plus grande sensibilité à l'hypothèse de croissance retenue entre le scénario 1 et 3.
- Les produits de consommation (vêtements, meubles, objets de consommation courante), intenses en transport de marchandises, continuent d'être un poste de consommation important en 2050. Dans le scénario 3, l'hypothèse explorée est celle d'un déploiement d'imprimantes et scanners 3D permettant de recycler facilement un grand nombre de petits objets en plastique du quotidien.
- Les loisirs sont un terrain d'expression des désirs davantage que des besoins. Très sensibles au pouvoir d'achat, ils sont en croissance forte dans les scénarios 2 et 3. La gamme des loisirs est très vaste, elle va d'usages peu intenses en énergie (hobbys, lecture, sports) jusqu'aux voyages longue distance. Sur ce dernier poste, il faut compter sur une amélioration qualitative des voyages en échange d'une réduction de la fréquence. Nos scénarios ont cherché à valoriser l'expérience vécue (culture, stages, woofing, séjours linguistiques, volontariats) plutôt que la multiplicité des destinations. Une prudence supplémentaire est de mise lorsqu'il s'agit de décrire les loisirs du futur, pour lesquels il faut se garder de tout discours normatif. Par contre leur optimisation est indispensable pour atteindre un objectif de facteur 4.
- L'éducation reste un temps fort de la vie des personnes en 2050, que ce soit lors de leur formation initiale ou de formations continues complémentaires tout au long de la vie. Les écoles et lycées voient leur temps d'occupation augmenter avec les cours du soir et la variété des formations proposées aussi bien aux adultes qu'aux enfants.
- De moins en moins de personnes naissent et vivent au même endroit. La sphère relationnelle des personnes s'est considérablement étendue géographiquement au cours du dernier siècle. Cette aspiration à la mobilité à l'échelle d'une vie, différente du désir de vacances, se généralise. Il a semblé capital de garantir à 2050 la mobilité associée à ces motifs car cette sphère relationnelle est une forme de richesse pour les personnes.
- Les déplacements domicile-travail qui représentent un usage plus fonctionnel sont en revanche amenés à évoluer : télétravail, covoiturage, redescente en gamme et

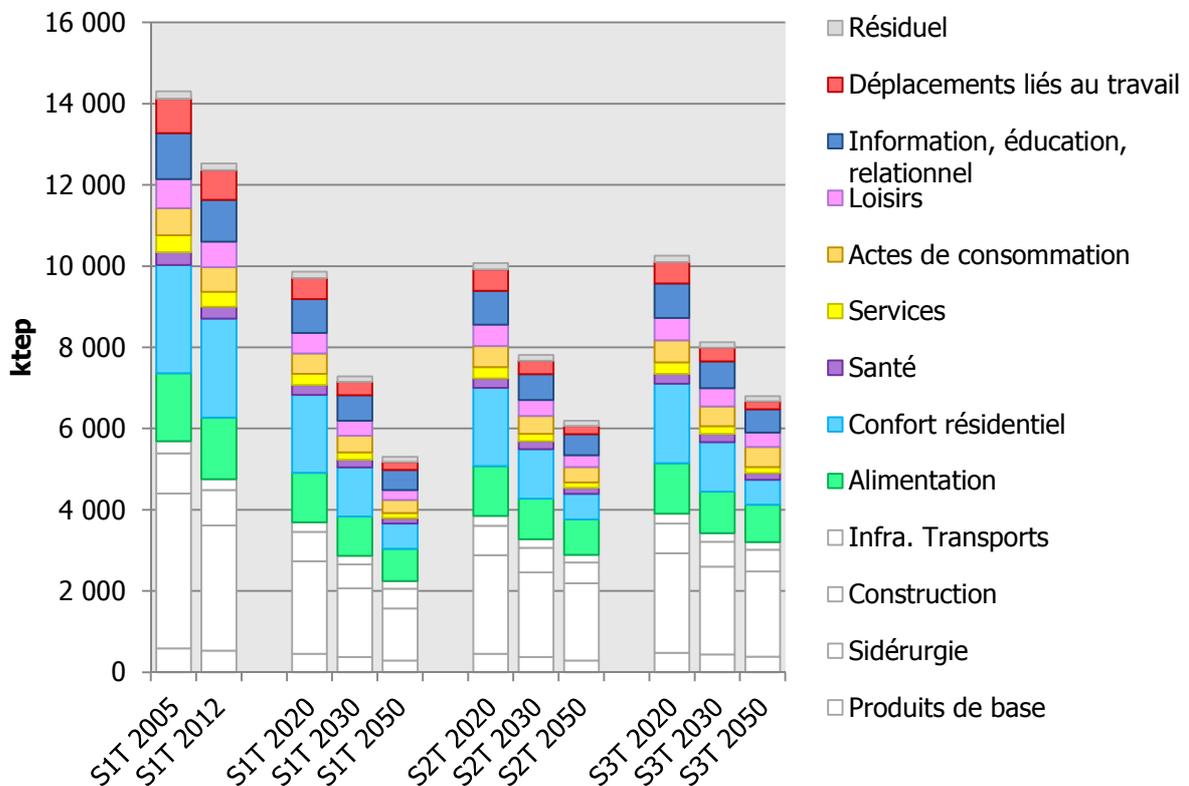
évolution des véhicules vers l'électricité conduisent à une forte baisse des consommations.

Toutes ces évolutions, couplées aux efforts d'efficacité énergétiques plus classiques que l'on décrira dans la partie suivante, s'agrègent pour déboucher en 2050 sur la répartition suivante :

Consommation d'énergie par catégorie d'usage en 2050 en Nord-Pas de Calais



Evolution des consommations d'énergie par catégorie d'usage Nord-Pas de Calais, scénarios volontaristes



On notera la réduction de près de 2 Mtep de la consommation finale d'énergie entre 2005 et 2012, essentiellement imputable à la baisse des productions de l'industrie lourde et des industries manufacturières du fait de la crise (avec une forte baisse en 2009, une reprise en 2010 et 2011 et une rechute de 2012, mais les données statistiques de ces dernières années ne sont pas connues).

Les gains les plus importants portent sur le confort résidentiel (rénovation thermique des logements), sur l'alimentation, les loisirs et les déplacements domicile-travail. Parallèlement les consommations des branches industrielles (en blanc) diminuent fortement, notamment dans la sidérurgie davantage par la contraction de l'activité industrielle due à la surcapacité européenne de production d'acier que par les progrès d'efficacité énergétique pour les scénarios à croissance économique faible.

3.4. Les principales options sectorielles

Au-delà des grandes tendances définies sur les modes de vie, les scénarios incluent un fort déploiement de technologies et de comportements efficaces en énergie.

Le chauffage des bâtiments

Le chauffage des bâtiments (résidentiels et tertiaire) représentait en 2005 une consommation d'énergie finale de 3466 ktep soit environ un quart des consommations totales de la région. L'essentiel de ces consommations (plus de 80%) sont concentrées dans les bâtiments d'avant 1974 dont la majorité n'ont connu que des rénovations ponctuelles depuis leur construction.

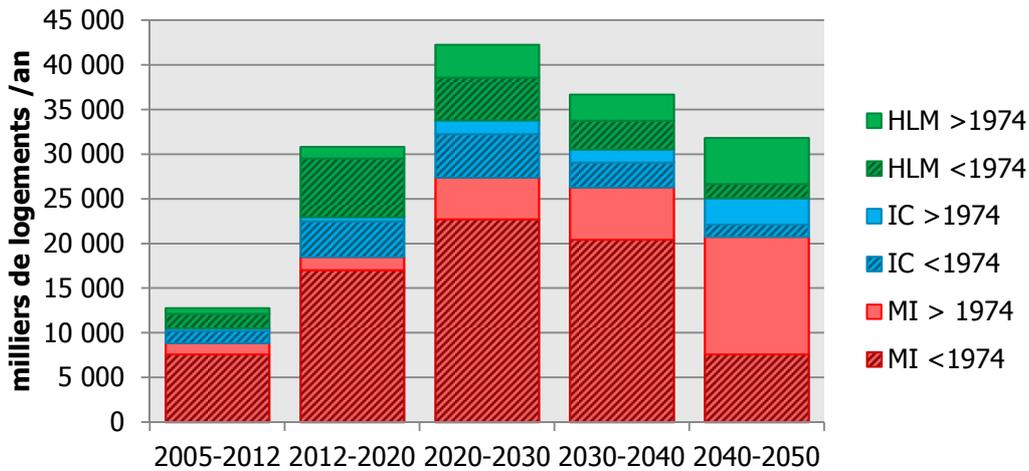
Outre l'exigence d'une performance thermique élevée sur les constructions neuves (atteinte de la RT2012 en 2015, puis passage à la RT2020), l'enjeu principal consiste à enclencher un vaste programme de rénovation des bâtiments existants :

- Dans le résidentiel, commencer par les bâtiments les plus énergivores en concentrant les ressources techniques et financières aujourd'hui très éclatées (notamment par la mise en œuvre du plan régional de rénovation de 100.000 logements d'ici 2020).
- Dans le tertiaire, s'attaquer en premier lieu aux bâtiments les plus chauffés et occupés : santé, locaux d'enseignement, bureaux. Les commerces, cafés et restaurants seront plus difficiles à traiter en raison du plus grand éclatement du parc (petites entreprises propriétaires ou locataires) et des contraintes techniques sur la circulation de l'air.

Les six années écoulées depuis le Grenelle de 2007 montrent la nécessaire montée en puissance progressive du rythme de rénovation. D'ici 2020, il s'agira d'abord de bien effectuer les rénovations engagées (en visant les niveaux BBC rénovation), néanmoins les objectifs fixés dans la loi Grenelle 2 sont inatteignables pour 2020 (rénovation de 38% du parc).

Le graphique ci-dessous représente les rythmes de rénovation attendus d'ici à 2050. Il faudra déjà presque tripler le rythme historique (environ 13.000 logements/an) pour atteindre un « rythme de croisière » ensuite d'environ 35.000 logements/an.

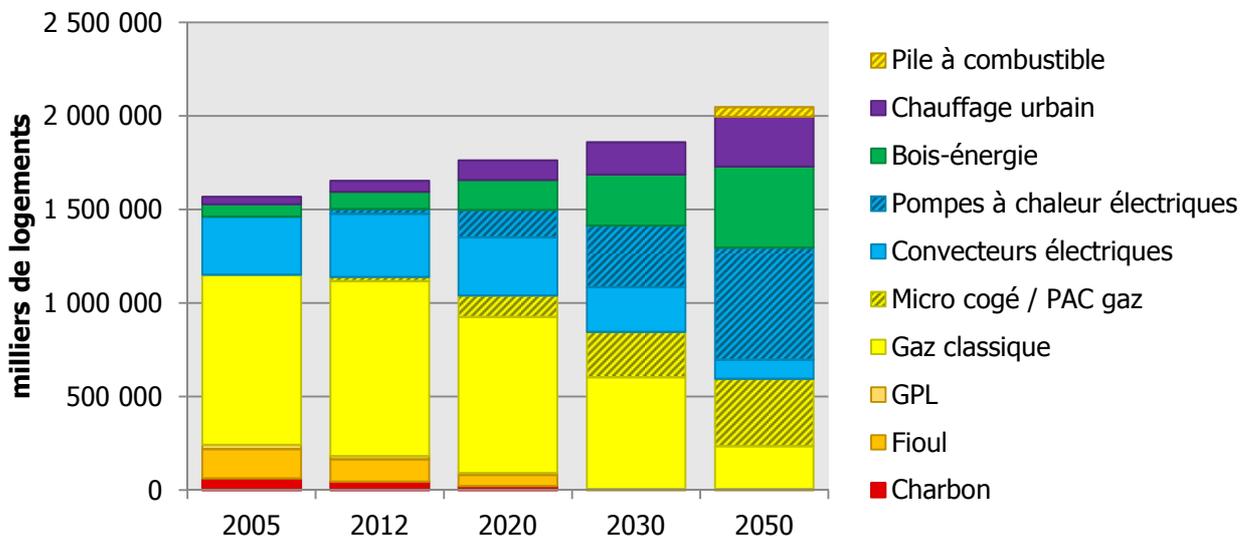
Rythmes annuels de rénovation des logements par type Nord-Pas de Calais, Scénarios volontaristes



En termes d'énergie de chauffage, l'isolation correcte des logements dégage des marges de manœuvre, avec en particulier :

- Une préférence pour des systèmes simples qui ne nécessitent peu ou pas d'appoint, car l'essentiel de l'effort financier doit aller sur la rénovation ;
- Pour les logements équipés de convecteurs électriques et où il n'existe pas de boucle de distribution (radiateurs à eau chaude), on privilégiera après rénovation une pompe à chaleur aérothermique ou géothermique.
- L'amélioration des performances sur les systèmes au bois permet d'équiper de nombreux logements, notamment en milieu rural, pour une même consommation globale. Toutefois, la très forte isolation des logements exige une attention particulière sur l'évacuation des fumées de combustion (pollution de l'air intérieur).
- Des piles à combustible au gaz (dites piles SOFC) sont installées entre 2030 et 2050 sur les immeubles collectifs pour faciliter le passage des pointes de consommation d'électricité en hiver compte tenu d'une production d'électricité par les renouvelables régionales à forte intermittence (voir bouclage offre-demande).

Nombre de logements équipés par système de chauffage Nord-Pas de Calais, Scénario 2



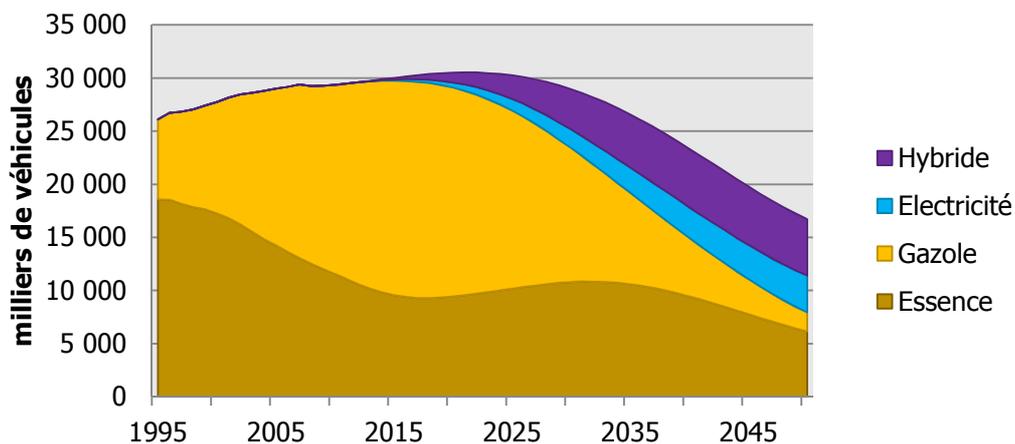
Les mêmes orientations (rénovations, systèmes de chauffage) s'appliquent au tertiaire, avec également une sortie des convecteurs au profit des pompes à chaleur (au gaz ou à l'électricité).

Les transports

Dans ce secteur très consommateur, la priorité est donnée à une forte optimisation des moyens de déplacement par rapport aux besoins. Le choix a été fait de s'inspirer des scénarios Vision 2030-2050 présentés par l'ADEME.

- Des progrès de sobriété sont envisagés sur les usages fonctionnels : développement du télétravail, rapprochement de la production alimentaire et des commerces des lieux de vie (circuits courts), dématérialisation des services, ce qui permet en retour un accroissement des usages loisirs et relationnels (par réaffectation du revenu disponible).
- Le recours aux transports en commun et au rail longue distance permet d'éviter entre 20 et 25% des trajets en voiture en 2050.
- Les véhicules particuliers, qui sont aujourd'hui immobilisés près de 95% du temps, sont progressivement ouverts à l'auto-partage dans un marché dit « serviciel ». Il en résulte un gain d'investissement important pour les ménages, en milieu urbain notamment.
- La redescente en gamme de ces véhicules et surtout leur adaptation à chaque usage (petits véhicules pour les déplacements individuels par exemple) permet de dégager des marges considérables d'efficacité sur les moteurs.
- L'hybridation des véhicules se généralise, avec une part d'hybrides rechargeables (ou « plugin ») qui permettent un usage quotidien à l'électricité et ponctuel à l'essence. Pour la part de thermique restante, on vise des objectifs de performance au-delà des classes A actuelles (c'est-à-dire consommant entre 3 et 2L/100km).

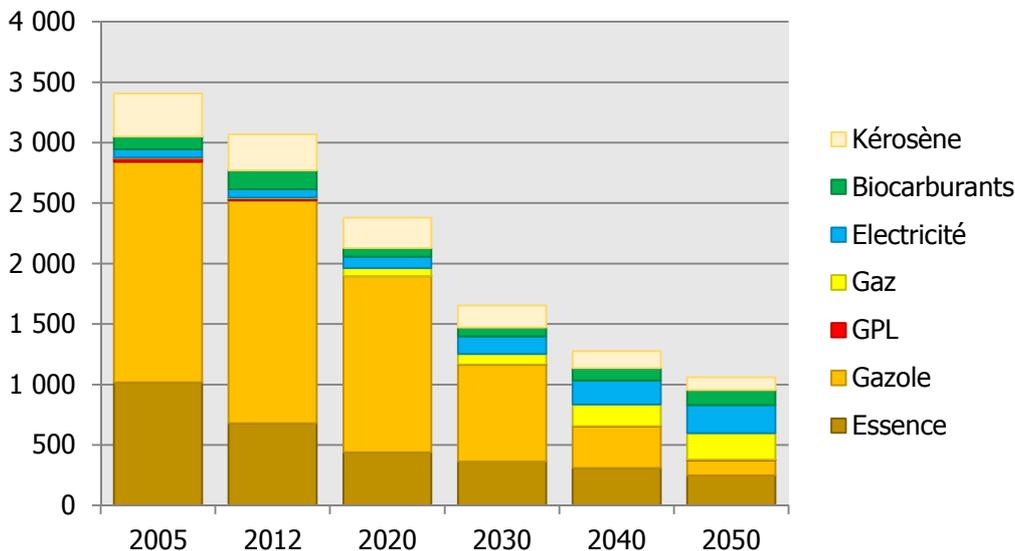
**Parc de véhicules particuliers par énergie de motorisation
 France entière, hypothèses ADEME, modélisation FF4**



Du côté des transports de marchandises, il y a moins de marges de manœuvre sur les modes. La mise en service du canal Seine-Nord-Europe permet de reporter plusieurs centaines de milliers de poids-lourds vers le mode fluvial chaque année, mais la route reste le moyen de distribution principal des marchandises. L'efficacité porte alors sur le taux de remplissage des camions et leur passage vers une motorisation au gaz (plus efficace, moins polluante).

Pris dans leur ensemble (passagers et marchandises), les transports connaissent une forte évolution avec des gains d'optimisation massifs (meilleure adéquation entre l'usage et le mode). Le « mix » énergétique se diversifie (pénétration de l'électricité et du gaz). En 2050, le secteur ne consomme plus qu'un tiers de produits pétroliers (kérosène compris), contre plus de 95% aujourd'hui.

**Consommation d'énergie des transports par produit
 Nord Pas-de-Calais, Scénario 2 Volontariste**



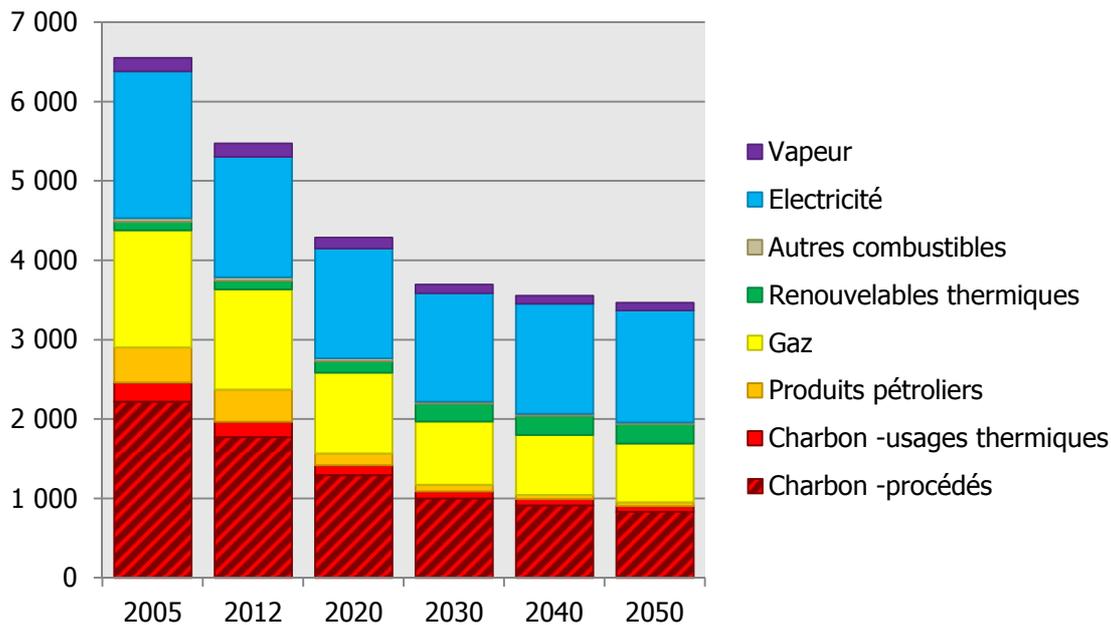
L'industrie

Le secteur industriel a engagé sa transition énergétique dès le choc pétrolier de 1973. D'importants progrès d'efficacité ont déjà été effectués ce qui explique que les marges encore atteignables soient désormais assez faibles. On a retenu les progrès suivants :

- L'efficacité générale sur les procédés thermiques : isolation des fours, des conduites de vapeur, remplacement des matériels anciens par des procédés électriques ou à compression mécanique de vapeur ;
- Dans l'agro-alimentaire, l'industrie papetière, usage plus marqué du bois-énergie et de la biomasse pour alimenter les usages thermiques ;
- Progrès importants par la généralisation des moteurs à vitesse variable dans l'industrie mécanique, la construction automobile et les industries manufacturières ;
- Priorité au gaz et à l'électricité en remplacement des produits pétroliers dans les quelques branches qui en consommaient encore beaucoup en 2005 (verreries, agro-alimentaire, métallurgie).

Le cas de la sidérurgie, concentrée à Dunkerque, est particulier. Pour réduire l'usage de charbon sidérurgique, nos scénarios misent d'abord sur un meilleur recyclage des ferrailles avec un fort progrès d'isolation sur les fours électriques de fonte. La production d'acier primaire restante est orientée vers la technologie dite « Hi-Sarna » à four cyclone qui permet de réduire directement le minerai de fer par du charbon (sans passage par la cokéfaction). Les gains d'efficacité énergétique sont de l'ordre de 20 à 30%. La combinaison des deux efforts permet de réduire de plus de 50% les consommations de la sidérurgie à 2050.

Consommation de l'industrie par produit Nord Pas-de-Calais, Scénario 2 Volontariste



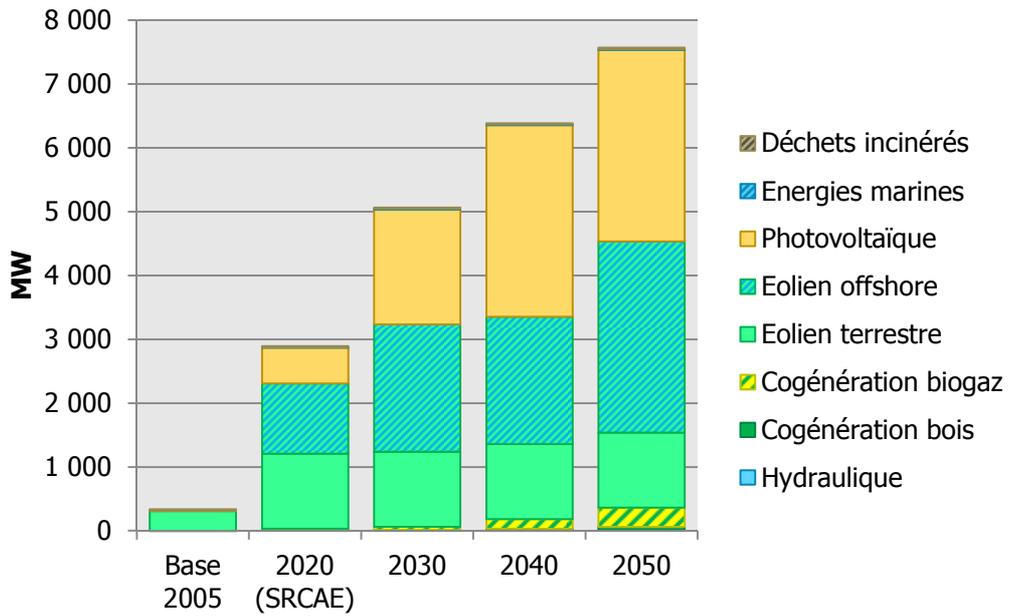
Les énergies renouvelables

Les études de potentiel menées par l'ADEME et le SRCAE à 2020 et 2050 ont servi de base à une nouvelle estimation des contributions des renouvelables du territoire. Il en résulte :

- Un développement de l'éolien terrestre dans la ligne du schéma régional éolien et des tendances de construction historiques, avec un objectif de 1384 MW atteint à 2020. Compte tenu de la densité de la population du territoire, cet objectif est considéré comme un plafond.
- Au-delà de 2020, l'éolien est surtout implanté offshore, avec la réalisation de deux parcs éoliens au large des côtes d'ici à 2030 (pour un total de 1000MW). Au-delà de 2030, un parc éolien supplémentaire en Mer du Nord est envisagé (projet européen « Super Grid »), d'une puissance de plus de 10.000 MW dont 2.000 MW reviendraient à une participation française dans un consortium international des pays riverains de la Mer du nord (implantation principale proche des côtes anglaises au nord de l'estuaire de la Tamise).
- Le photovoltaïque se développe jusqu'à 3.000 MW installés en 2050 (ce qui ne sature pas le potentiel régional).
- Le potentiel de valorisation du biogaz est à la fois important en aval de l'agriculture, de la valorisation des déchets verts des collectivités et de la part fermentescible des déchets ménagers et surtout des effluents et des déchets des industries agro-alimentaires.

Des contributions plus faibles sont attendues sur la cogénération bois ainsi que sur l'incinération des déchets ou le maintien de la capacité hydraulique.

Puissance installée en énergies renouvelables Nord-Pas de Calais



3.5. Tableaux de synthèse des scénarios

Tableau de synthèse des orientations et mesures des scénarios

Ces tableaux résument les principales orientations mais ne se veulent pas exhaustifs.

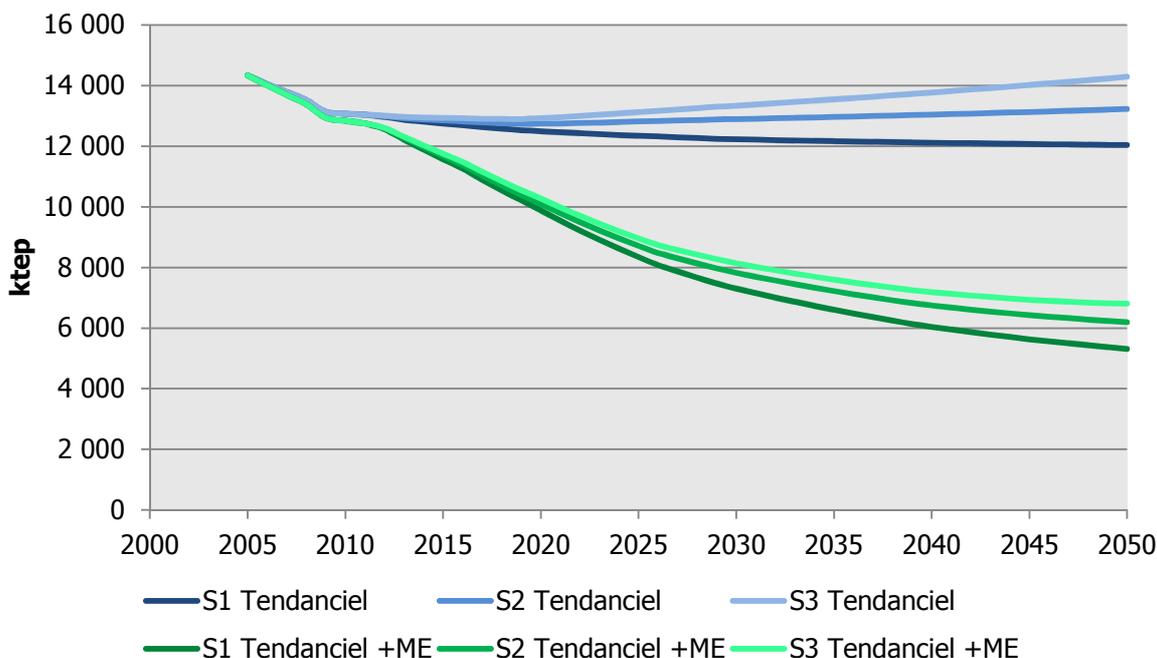
Base 2005 = 14 337 ktep	Scénario 1 PIB+0,5%/an	Scénario 2 PIB+1%/an	Scénario 3 PIB+1,9%/an
Contexte et tendances			
Démographie	+3,4% à 2050, soit 140 000 nouveaux habitants + vieillissement		
Economie	PIB/hab+17% Perte de compétitivité nationale	PIB/hab+44% Perte de compétitivité régionale	PIB/hab+105% Troisième révolution industrielle
Société	Hausse du chômage	Rattrapage du niveau de vie régional	Amélioration des revenus
Pouvoir d'achat	Baisse du prix de l'immobilier Faible pouvoir d'achat	Stable Tourné vers les activités du territoire	En hausse rapide Loisirs, services, biens d'équipement
Prix des énergies	Elevés	Elevés	Elevés
Urbanisme	Faible étalement urbain Logement collectif et social	Faible étalement urbain Logement individuel groupé	Risque d'étalement urbain Maisons individuelles privilégiées
Gouvernance	Décentralisation Fiscalité redistributive	Réduction des inégalités, décentralisation	Société en réseau Forte décentralisation
Trajectoires « de référence »	2020 : 12 494 ktep 2050 : 12 038 ktep	2020 : 12 895 ktep 2050 : 13 226 ktep	2020 : 13 337 ktep 2050 : 14 291 ktep
Modes de vie			
Alimentation	Assiette : baisse de la consommation de viandes, de poissons.		
	Retour aux repas à domicile Lutte contre le gaspillage		Repas nombreux à l'extérieur
Santé	Besoins en forte hausse avec le vieillissement de la population		
Loisirs	Relocalisation sur le territoire car faible pouvoir d'achat		Croissance forte mais séjours plus longs
Relationnel	Forte hausse de la mobilité, éclatement des sphères relationnelles		
Activités économiques			
Secteurs en croissance	Recyclage Rénovation thermique Renouvelables	Les mêmes + Agroalimentaire Construction mécanique	Les mêmes + Santé, Services Enseignement
Secteurs en difficulté	Sidérurgie Industrie lourde Chimie Automobile Pêche	Sidérurgie Chimie Automobile Pêche	Sidérurgie Pêche

Maitrise de l'énergie			
Agriculture – pêche	Isolation des serres, passage aux agro-carburants des tracteurs et navires		
Industrie	Effort important sur la thermique, développement des moteurs à vitesse variable, gains sur les usages spécifiques de l'électricité		
Sidérurgie	Développement du recyclage des ferrailles et technologie Hi-Sarna sur la production d'acier primaire.		
Résidentiel Chauffage	Isolation thermique des logements, montée en puissance du rythme de rénovation à 2020 puis rénovation de 35.000 logements par an. Objectif BBC rénovation.		
ECS	Remplacement des convecteurs par des pompes à chaleur.		
Electricité spécifique	Récupération de chaleur, couplage avec solaire thermique Généralisation des meilleurs équipements de 2009, passage à l'électricité de la cuisson actuellement au gaz.		
Tertiaire	Mêmes options que le résidentiel sur la thermique, rénovation forte dans les branches bureaux, santé, enseignement et habitat collectif.		
Transports passagers Mobilité	Réorganisation des mobilités fonctionnelles : télétravail, circuits courts sur l'alimentaire, dématérialisation des services et des contacts professionnels.		
Report modal	Reporter environ 25% des flux en voiture vers modes doux, transports en commun et le rail. Développement covoiturage et auto-partage.		
Véhicules particuliers	Redescente en gamme, véhicules à 2L/100km en 2050. Electrification de la courte distance, développement d'hybrides rechargeables pour les longs trajets.		
Autres	Gains de remplissage et d'efficacité sur les autres modes (aérien, train)		
Transports marchandises	Gains sur l'organisation logistique, sur la motorisation et le remplissage des poids-lourds. Passage des poids-lourds au gaz sur la longue distance.		
Trajectoires « volontaristes »	2020 : 9 884 ktep 2050 : 5 311 ktep	2020 : 10 094 ktep 2050 : 6 194 ktep	2020 : 10 275 2050 : 6 806
Renouvelables			
Eolien	Installation de 1100 MW à 2020. Au-delà de 2020, éolien offshore au large des côtes et en Mer du Nord (« Supergrid »)		
Solaire	Installation de 1800 MW en 2030 et de 3500 MW en 2050.		
Bois-énergie	Multiplication par deux de la consommation de 2005 en 2050. Usages dans les chaufferies collectives et l'industrie avec forte épuration des fumées.		
Biogaz	Fort potentiel dans l'agro-industrie, utilisé en partie pour la production d'électricité et pour injection dans le réseau gaz.		
Autres	Développement du solaire thermique, de la récupération de chaleur d'incinération des déchets, des énergies marines. Maintien d'une contribution à la consommation régionale de l'hydraulique nationale (fil de l'eau, barrages et STEP).		

4. Les résultats issus de la modélisation

Les scénarios tendanciels aboutissent à des consommations d'énergie finale avant mise en œuvre de politiques d'efficacité énergétique qui seraient comprises entre une stabilité entre 2005 et 2050 (scénario à forte croissance) et une réduction de l'ordre de 20% (scénario de moindre croissance). Les écarts sont faibles parce que tous ont le même cadrage démographique (la population n'augmenterait que de 150.000 habitants d'ici à 2050).

**Evolution des consommations d'énergie finale
Nord Pas-de-Calais**



Les scénarios incluant les politiques soutenues de maîtrise de l'énergie diffèrent légèrement au niveau des besoins et des niveaux de consommation. Les gains sont atteints majoritairement par la réorganisation collective de l'habitat et des transports, par des gains d'efficacité mêlant progrès technologique et amélioration des comportements et par la généralisation des meilleures technologies disponibles dans l'industrie.

Consommation d'énergie finale en Nord-Pas de Calais

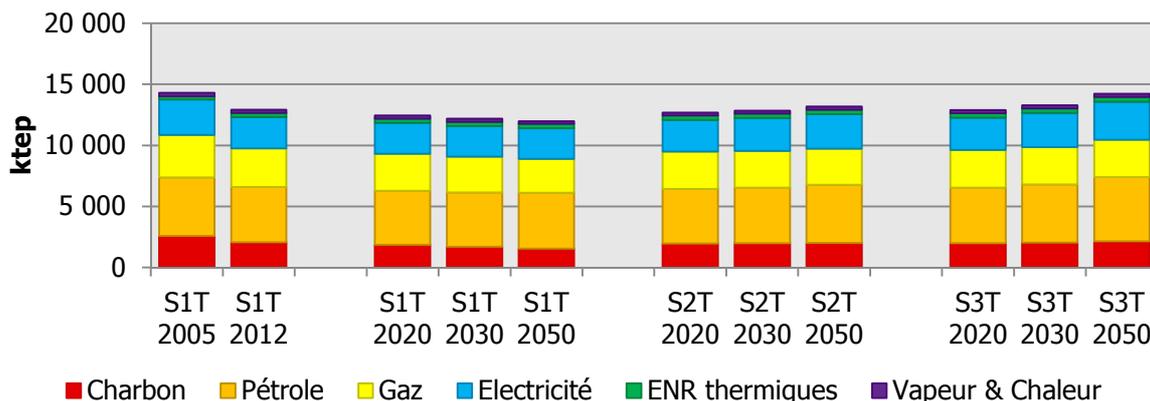
Scénario	Consommation d'énergie finale (ktep)					Gain par rapport à 2005 (en %)	
	2005	2012	2020	2030	2050	En 2020	En 2050
S1 Référence	14 337	12 966	12 494	12 227	12 038	-12,9	-16,0
S2 Référence		12 994	12 743	12 895	13 226	-11,1	-7,7
S3 Référence		13 014	12 928	13 337	14 291	-9,8	-0,3
S1 Maitrise de l'énergie		12 561	9 884	7 301	5 311	-31,1	-63,0
S2 Maitrise de l'énergie		12 587	10 094	7 823	6 194	-29,6	-56,8
S3 Maitrise de l'énergie		12 604	10 275	8 139	6 806	-28,3	-52,5

4.1. Les scénarios tendanciels

Le scénario 3 en tendanciel ne permet que de stabiliser la consommation en énergie finale. A ce stade ne sont pris en compte aucun mouvement de substitution d'énergie, ce qui signifie que le mix énergétique en 2050 est sensiblement identique à celui de la période 2005-2012.

Les autres scénarios permettent une légère réduction de la consommation d'énergie finale par rapport à 2005.

Consommation d'énergie finale par produit
Scénarios tendanciels, Nord-Pas de Calais



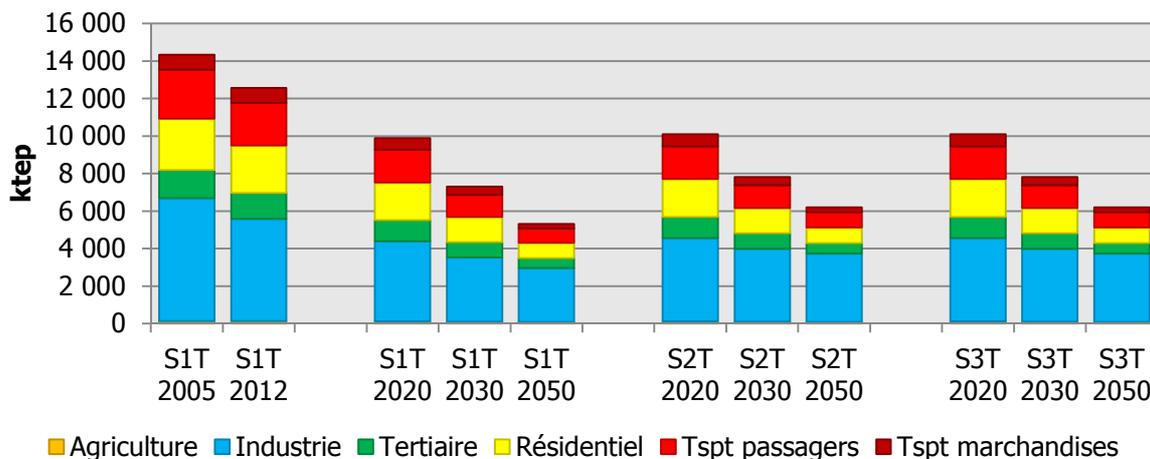
Une projection de ce scénario en approvisionnement, même en tenant compte du déploiement maximal d'énergies renouvelables, ne permet que de stabiliser le niveau d'émissions de CO₂ à 2050.

4.2. Les scénarios volontaristes

Les scénarios volontaristes aboutissent globalement à une division par 2 de la consommation en énergie finale par rapport à celle estimée en 2012.

Les trois graphiques qui suivent présentent les trajectoires des 3 scénarios :

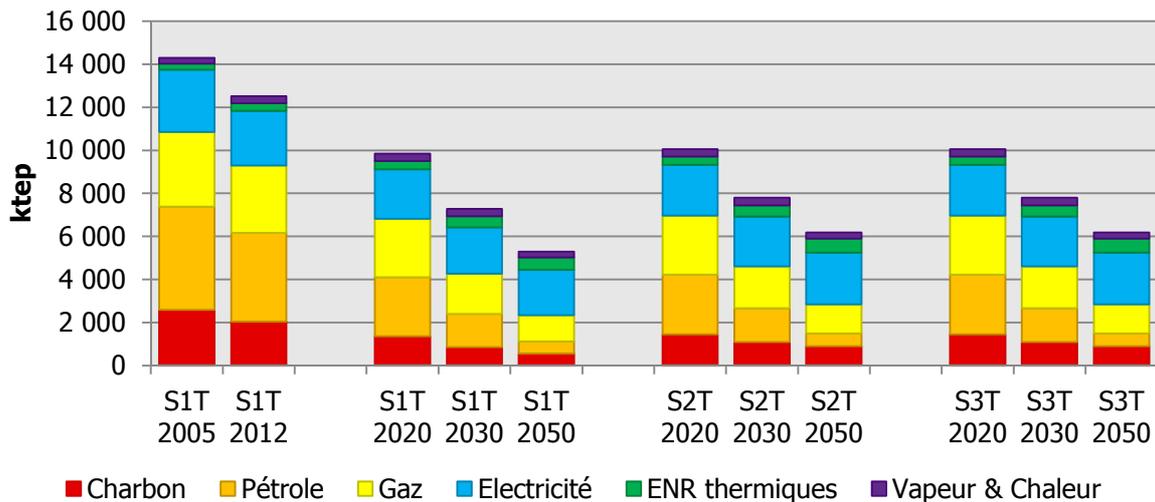
Consommation d'énergie finale par secteur
Scénarios volontaristes, Nord-Pas de Calais



Les potentiels de réduction des consommations dans l'industrie sont plus faibles que dans les autres secteurs. A 2050 en conséquence, l'industrie représente près des deux tiers de la consommation régionale.

Les différents scénarios se caractérisent par une forte réduction des consommations de charbon, de pétrole, une division par deux des consommations de gaz (gaz naturel et biogaz) et une légère augmentation de la consommation d'électricité. Les consommations de bois augmentent, passant de 150 ktep en 2005 à 200 ktep en 2050. La consommation de chaleur (vapeur industrielle et chauffages urbains) reste globalement stable, l'efficacité sur les usages thermiques est compensée par une extension des réseaux existants.

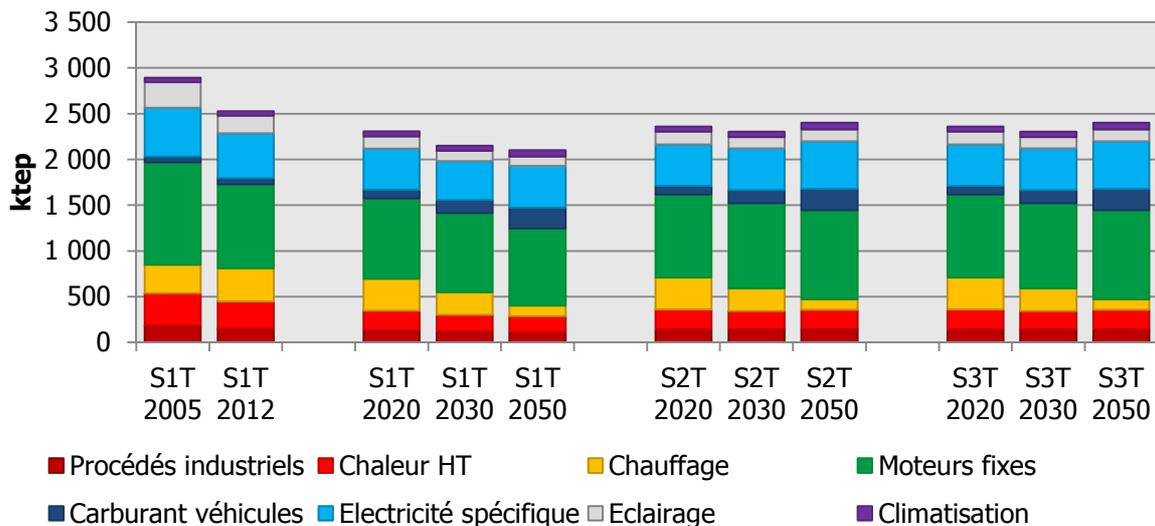
Consommation d'énergie finale par produit
 Scénarios volontaristes, Nord-Pas de Calais



Pour l'électricité les mouvements se compensent :

- diminution de l'utilisation pour le chauffage avec le développement des pompes à chaleur dans le résidentiel et le tertiaire ;
- forte augmentation des usages spécifiques dans le résidentiel et le tertiaire, malgré la généralisation des technologies actuellement les plus performantes ;
- percée de l'utilisation dans les transports : voiture électrique, voiturette de livraison urbaine ;
- maintien de la consommation importante des moteurs « fixes » dans l'industrie : l'efficacité énergétique (moteurs à vitesse variable) est compensée par le développement de nouveaux usages des moteurs (recompression mécanique de vapeur notamment).

Consommation d'électricité finale par usage Scénarios volontaristes, Nord-Pas de Calais



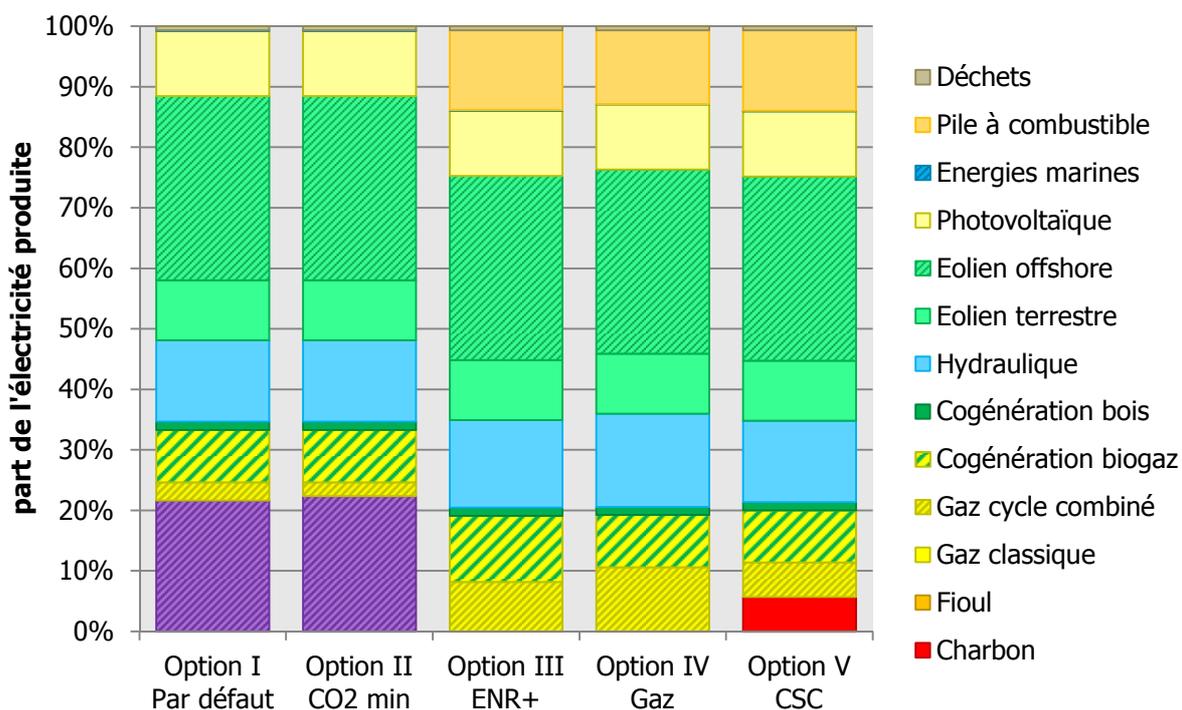
4.3. Le bouclage offre-demande

A partir du scénario qualifié de « central », c'est-à-dire le scénario 2 avec une croissance de 1% par an, cinq options de bouclage à l'horizon 2050 ont été proposées. Les deux premières options conservent un recours au nucléaire en 2050, les trois dernières explorent des possibilités de substitution.

Option	Etiquette	Description
I	Par défaut	Un mix de production électrique qui prend en compte les renouvelables du territoire mais qui maintient un complément nucléaire.
II	CO ₂ min	Le maintien d'une capacité nucléaire et un développement des renouvelables pour atteindre les émissions les plus basses en 2050
III	ENR+	Un développement supplémentaires des ENR (photovoltaïque, bois) à 2050 pour compenser la sortie du nucléaire.
IV	Gaz	Le complément de production électrique repose sur un développement de technologies gaz efficaces : piles à combustibles, cogénération.
V	CSC	Si le recours aux fossiles et aux renouvelables est trop coûteux, cette cinquième option ouvre la possibilité de contenir les émissions par le développement de la capture et séquestration du carbone en Mer du Nord.

Le graphique ci-dessous présente la composition du mix électrique retenu dans chaque scénario, en part de l'électricité produite à partir de chaque source. Compte tenu de la faible production hydraulique au niveau régional, la part d'hydraulique dans le mix énergétique en 2050 (environ 10%) correspond au maintien de la capacité hydraulique mutualisée au niveau national.

Composition du mix électrique en 2050 selon l'option de bouclage Nord-Pas de Calais



Composition du mix électrique en Nord-Pas de Calais en 2050 selon les options

(en ktep)	Option I Par défaut	Option II CO2 min	Option III ENR+	Option IV Gaz	Option V CSC
Nucléaire	550	569	0	0	0
Charbon	0	0	0	0	145
Fioul	0	0	0	0	0
Gaz classique	0	0	0	0	0
Gaz cycle combiné	77	58	209	270	145
Cogénération biogaz	219	219	278	219	219
Cogénération bois	34	34	34	34	34
Hydraulique	343	343	368	391	343
Eolien terrestre	252	252	252	252	252
Eolien offshore	774	774	774	774	774
Photovoltaïque	273	273	273	273	273
Energies marines	3	3	3	3	3
Pile à combustible	0	0	335	309	338
Déchets	18	18	18	18	18
Total	2 544	2 544	2 544	2 544	2 544

Lecture de ce tableau : en 2050, 550 ktep d'électricité seront produits par le nucléaire dans l'option II. On notera que chaque scénario couvre le total de la production d'électricité (2544 ktep).

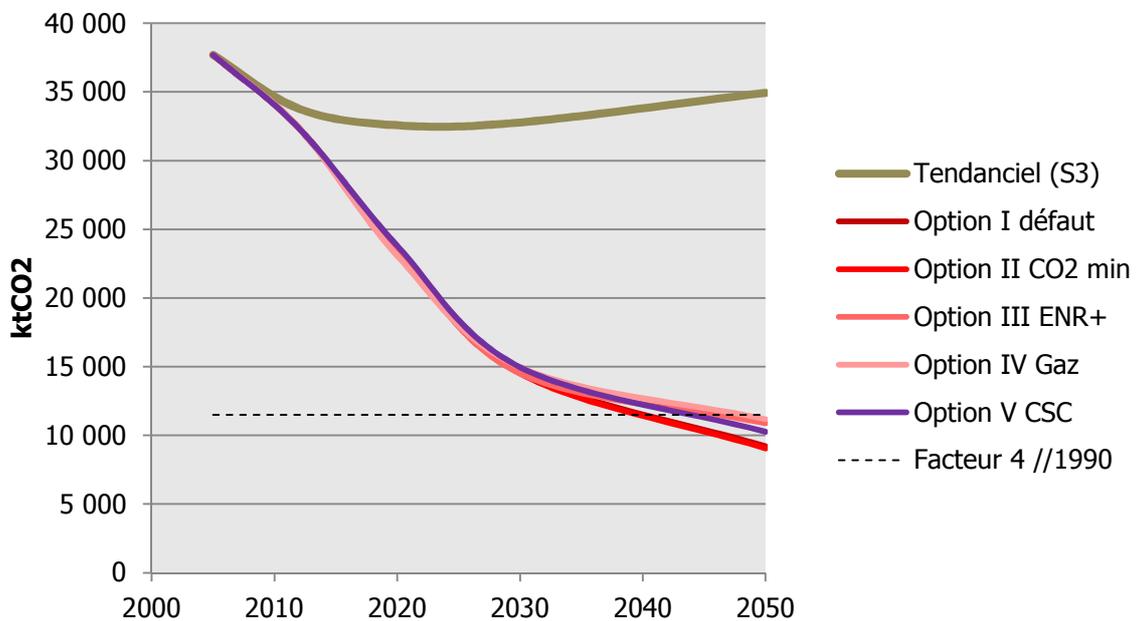
4.3.1. Une première option « par défaut »

Les potentiels d'efficacité énergétique mobilisables dans le Nord-Pas de Calais permettent en l'état actuel des technologies d'atteindre le facteur 4, mais après saturation totale des potentiels d'efficacité énergétique et de valorisation des renouvelables.

L'option par prolongation linéaire de l'existant est celle du maintien d'une capacité de production d'électricité nucléaire au moins pendant la période 2025-2050, c'est-à-dire au-delà de la durée de vie technique initialement prévue de 40 ans. Prolonger celle-ci nécessite la réalisation d'un « grand carénage » dont le coût vient d'être évalué pour l'ensemble du parc nucléaire à 45 milliards d'euros.

Ce scénario atteint le facteur 4 par rapport à la référence de 1990, les émissions devant passer de 44,6 MtCO₂ à moins de 11,15 MtCO₂. Ce résultat est d'abord à comparer avec le scénario tendanciel du scénario qui ne réussissait qu'à stabiliser les émissions.

Emissions de CO₂ en Nord-Pas de Calais de 2010 à 2050 selon les scénarios de bouclage



(en ktCO ₂)	2005	2012	2020	2030	2050
Tendanciel (S3)	37 691	33 773	32 571	32 775	34 934
Option I défaut		32 350	23 545	14 594	9 196
Option II CO ₂ min		32 350	23 508	14 503	9 052
Option III ENR+		32 350	23 508	14 503	10 884
Option IV Gaz		32 350	23 073	14 957	11 183
Option V CSC		32 350	23 796	14 964	10 260
Facteur 4 //1990					11 500

Les limites de ce premier bilan

On peut tenir compte d'un autre côté que les émissions françaises sont plus faibles que la moyenne des autres pays industrialisés. Il faut néanmoins souligner que les études scientifiques du GIEC soulignent la nécessité pour les pays industrialisés de réduire leurs émissions non pas de 75% mais de 80 à 95% pour garantir une stabilisation du climat en

dessous d'un réchauffement de 2°C. Plus les émissions mondiales dérapent, plus les émissions de 2050 devront baisser.

Notre déontologie ne nous autorise pas à effectuer un forçage de potentiels que nous considérons déjà tirés à leur maximum sur la demande. Il nous semble donc essentiel d'ouvrir à ce stade au maximum le débat sur l'offre. Cette réserve n'évacue pas le fait que de nouveaux progrès technologiques, notamment pendant la séquence 2030-2050 qui puisse permettre de réduire davantage les émissions.

Nous excluons d'emblée l'hypothèse qu'un déclin de la capacité industrielle de la région puisse devenir une option de réalisation du facteur 4. Cela ne consisterait qu'à déplacer les émissions par des délocalisations. Dès lors, plusieurs options s'ouvrent. Le but de ce travail prospective consiste à éclairer les choix en balayant les différentes options possibles en privilégiant aucune en particulier.

D'ailleurs, il est clair que d'ici 2050, beaucoup d'événements interviendront, des options se fermeront, d'autres pourront s'ouvrir, à la fois au plan des technologies, de l'évolution des modes de vie et des capacités économiques à partir notamment des rentabilités relatives des différentes filières. Ce qui importe donc c'est de préparer les bases les plus objectives possibles pour ces débats futurs.

4.3.2. Une option de recours au nucléaire pour minimiser les émissions de CO₂

Il est utile de proposer une option de forte réduction aux limites possible des émissions de gaz à effet de serre.

Le scénario central donne un maintien d'une capacité nucléaire à hauteur de 2 réacteurs nucléaires en 2030 avec un taux de charge supérieur aux réacteurs actuels dont la durée de vie devrait être prolongée (les derniers mis en service).

Il faudrait également maintenir au moins un réacteur au-delà de 2050 (prolongation d'un réacteur au-delà de 60 ans) ou construction d'un nouveau réacteur (de type EPR ou autre). Cette estimation est tout à fait provisoire car elle devrait intégrer une analyse détaillée en puissance électrique, du fait que les besoins seraient alors plutôt des besoins de pointe en complément des renouvelables (éolien et photovoltaïque) et non pas des besoins électriques de base.

Ce scénario de minimisation des émissions n'utilise pas de piles à combustible et n'intègre pas non plus d'utilisation de bois en cogénération. Ce serait donc là également l'option qui réduirait le plus les émissions de polluants atmosphériques.

4.3.3. Une valorisation plus forte des énergies renouvelables

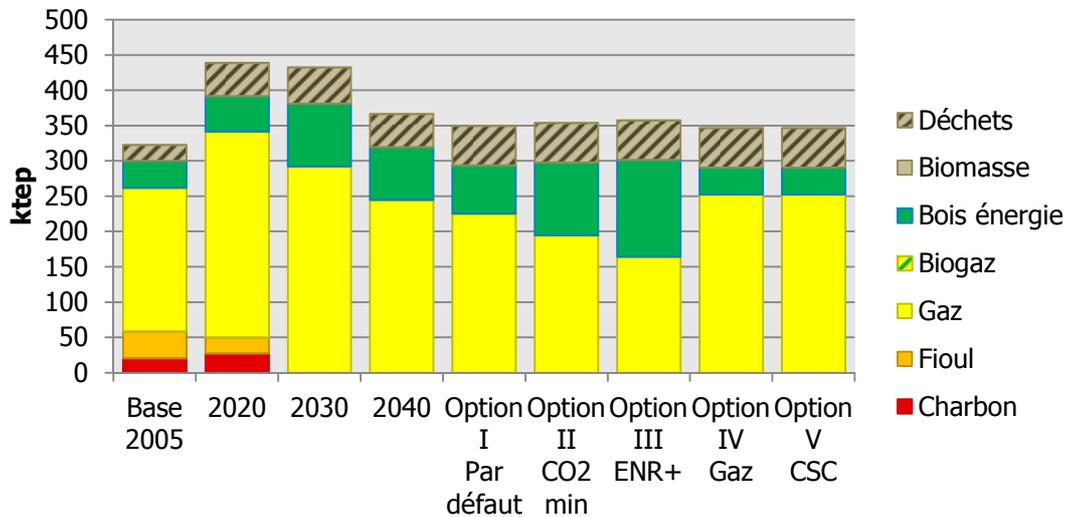
C'est notamment l'option introduite dès le départ par le scénario Virage énergie.

Les options retenues dans ce cas sont les suivantes :

- Un appel à davantage de bois en cogénération notamment dans l'agroalimentaire, portant à 100 MW la capacité installée en 2050 et une plus forte part de bois énergie dans le « mix » des réseaux de chaleur ;
- Un complément surtout en photovoltaïque portant la puissance qui passerait de 3.000 à 6.000 MW ;
- Une production de méthane à hauteur de 100 ktep à partir du supplément d'électricité d'origine renouvelable par méthanation effectuée à partir notamment des parcs éoliens de Mer du nord et que l'on couplerait au carbone capturé sur le site de Dunkerque

(réaction chimique de Sabatier qui permet de combiner de l'hydrogène et du gaz carbonique pour produire du méthane et de l'eau).

Consommation d'énergie dans les réseaux de chaleur en fonction de l'option de bouclage



(en ktep)	Base 2005	2020	2030	Option I Par défaut	Option II CO2 min	Option III ENR+	Option IV Gaz	Option V CSC
Charbon	21	28	0	0	0	0	0	0
Fioul	38	23	0	0	0	0	0	0
Gaz	203	297	300	240	208	175	270	270
Biogaz	0	0	0	0	0	0	0	0
Bois énergie	38	51	91	73	110	146	40	40
Biomasse	0	0	0	0	0	0	0	0
Déchets	23	47	52	57	57	57	57	57
Total	323	446	443	371	375	379	367	367

4.3.4. L'option transitoire d'appel à des turbines à gaz

A côté des options précédentes, il est indispensable de simuler en contrepartie une option qui maintiendrait une transition par le gaz en sus des progrès de maîtrise de l'énergie et de valorisation des énergies renouvelables dans une option de non prolongation des réacteurs nucléaires actuels et de non remplacement par de nouveaux réacteurs nucléaires. Cette variante ne devrait pas pour autant s'exonérer de réaliser le facteur 4 en 2050.

- Ce scénario s'appuie sur la diffusion de piles à combustible à gaz afin d'avoir la meilleure contribution possible (force/chaleur). En effet, les besoins principaux d'électricité se situent en hiver à un moment où il y a cohérence à produire à la fois chaleur et électricité.
- Malgré la forte puissance installée en piles à combustible, un déficit apparaîtra probablement en cas de renoncement au nucléaire entre 2025 et 2040 après la fermeture des réacteurs de Gravelines 5 et 6 ¹ au terme de leurs 40 ans de fonctionnement.

¹ à condition déjà que leur durée de vie soit portée au-delà de 40 ans.

- Cette option devrait donc être compensée par le développement d'une capacité supplémentaire de production au gaz en cycle combiné avec de très bons rendements de génération d'électricité pour éviter de faire déraiper les émissions de gaz à effet de serre. Cette option pourrait correspondre également à un déploiement des potentiels de valorisation des énergies renouvelables qui pourrait s'avérer trop tardif par rapport au calendrier de fermeture des réacteurs.
- Le gaz est maintenu également pour le chauffage des bâtiments (dans les réseaux de chaleur) pour limiter le recours au bois afin de limiter la pollution de l'air intérieur.

De par son recours au gaz, ce scénario affiche des émissions de CO₂ plus élevées pendant la séquence 2030-2050, de l'ordre de 10 MtCO₂ en 2050. Il se justifie dans le cas où l'accès aux renouvelables se révèle coûteux et où les progrès d'efficacité énergétique permettent un recours au gaz. A noter que la consommation de gaz en 2050 de ce scénario reste inférieure de plus de 1 Mtep aux consommations actuelles de gaz.

4.3.5. Le recours à la séquestration du carbone

L'exercice porte, pour le moment, à une séquestration envisagée limitée à l'industrie dunkerquoise (c'est-à-dire la sidérurgie, la métallurgie, la chimie de base et la production d'électricité). Il n'est guère possible actuellement de déterminer la cohérence économique d'une telle option, celle-ci devrait être comparée au coût de l'inaction. Cette option intègre le même niveau de valorisation des énergies renouvelables que les autres options. Cette option se présente car il existe de grosses capacités de séquestration du carbone dans d'anciens gisements de gaz naturel et de pétrole qui ont été exploités dans le sous-sol profond de la Mer du Nord. Bien évidemment, la faisabilité de cette possibilité reste à étudier.

Ce qui a semblé essentiel, c'est la capacité d'une région qui a eu gros potentiels industriels dont l'apport fait partie de la culture des forces politiques en faveur du développement économique régional et assurant la gestion de la région (la droite et la gauche républicaine). Après la perte de l'industrie sidérurgique et métallurgique de l'Avesnois et du Valenciennois, la fermeture de l'exploitation du charbon et de la chimie associée, celle de l'industrie textile de l'agglomération lilloise, la perte de toute industrie lourde dans la bassin minier, un éventuel effondrement de l'industrie autour de Dunkerque, dernier pôle d'emplois fortement industriel de la région, n'est envisageable, ni à gauche, ni à droite. Il est donc essentiel d'identifier la capacité de conserver à Dunkerque le plus grand site industriel de France dans les domaines de la sidérurgie, de la chimie et de la métallurgie. La question se pose donc de rechercher à pérenniser une industrie lourde dunkerquoise qui est par ailleurs confrontée à une très forte concurrence industrielle internationale. Cela ne serait guère possible sans qu'elle ait un nouvel avantage compétitif. La séquestration du carbone pourrait être celui-ci.

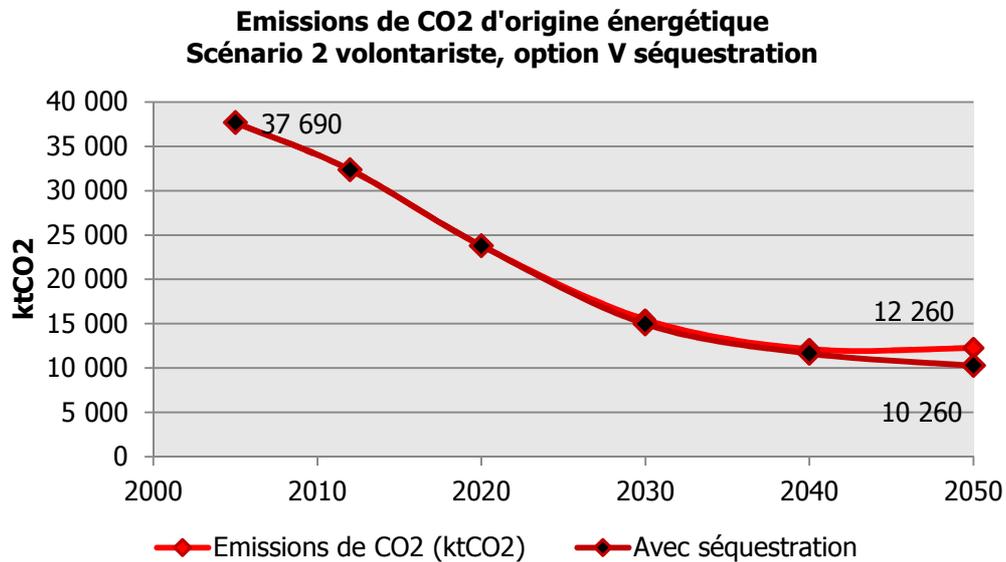
Cette option n'est pas à être étudiée dans un contexte seulement régional. La région Nord-Pas de Calais a effet au site accès présentant la meilleure capacité de stockage du carbone au niveau national, avec deux options techniques ouvertes :

- L'injection de gaz carbonique à l'état supercritique dans des gisements de pétrole et de gaz déplétés dans la mer du nord,
- L'injection de gaz carbonique dans des aquifères profonds au large de la Grande-Bretagne.

La première option semble en l'état actuel des technologies, la meilleure. Cela ne pourrait être réalisé qu'après garantie de confinement du gaz carbonique qui sera injecté. Dans tous les cas, il s'agit là d'une technologie qui ne sera disponible qu'après 2030 au plan industriel.

Le niveau d'émissions excède de l'ordre de 2 millions de tonnes le facteur 4. Il faudrait donc séquestrer cette quantité de carbone à partir de la zone de Dunkerque dont les 800.000 tCO₂ émis par l'utilisation du charbon en sidérurgie.

Serait cohérente avec cette option, celle de localiser à Dunkerque une production d'électricité à partir de combustible fossile qui pourrait profiter de cette capacité de séquestration (turbine à gaz ou centrale à charbon).

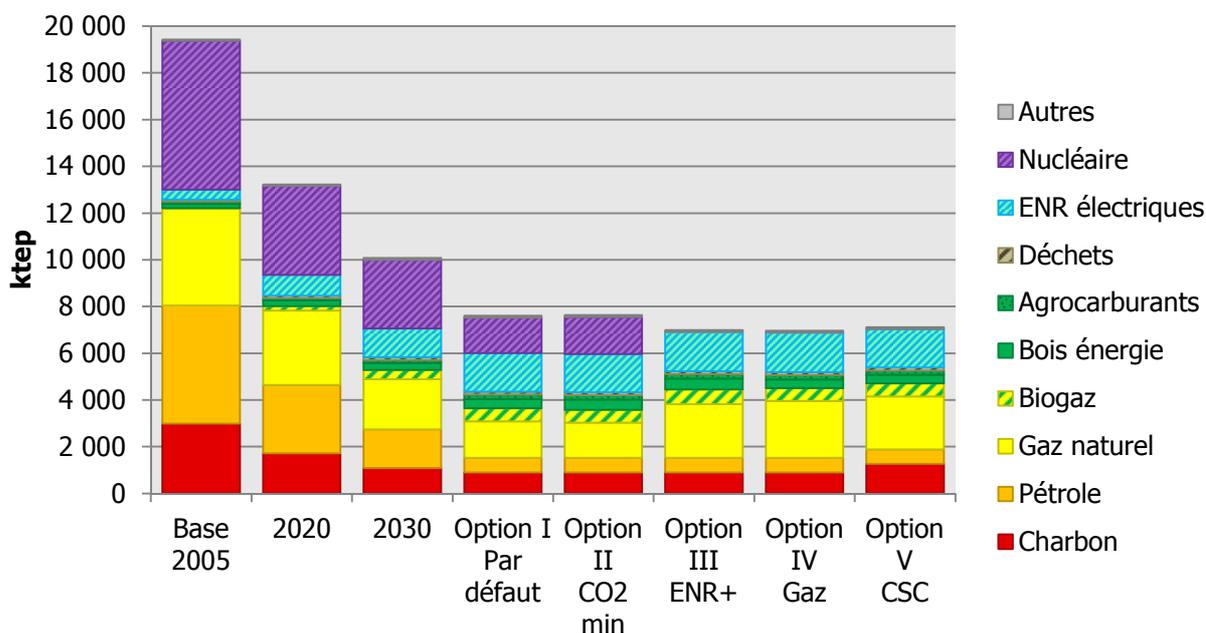


On pourrait envisager dans cette option une séquestration de l'ordre de 5 MtCO₂ par an en 2050, avec un niveau d'émissions totales ramené ainsi en-dessous de 8 MtCO₂ par an ce qui permet d'atteindre largement le facteur 4.

4.3.6. Comparaison des bilans globaux

Ci-dessous figurent les bilans complets du scénario n°2 dit scénario central, une fois pris en compte l'ensemble des énergies nécessaires à l'approvisionnement du système. Le graphique figure sur la gauche la situation historique, et sur la droite les projections prospectives pour 2020, 2030 puis 2050 en fonction des cinq options proposées.

Bilan d'approvisionnement de 2005 à 2050 selon l'option de bouclage Nord-Pas de Calais



Le tableau ci-dessous reprend les mêmes données et fait figurer la part d'énergies fossiles (charbon, pétrole, gaz) et la part d'énergies renouvelables (thermiques et électriques) dans le bilan. Selon les options on se situe entre 35% et 50% de couverture des besoins primaires du territoire par les énergies renouvelables à 2050.

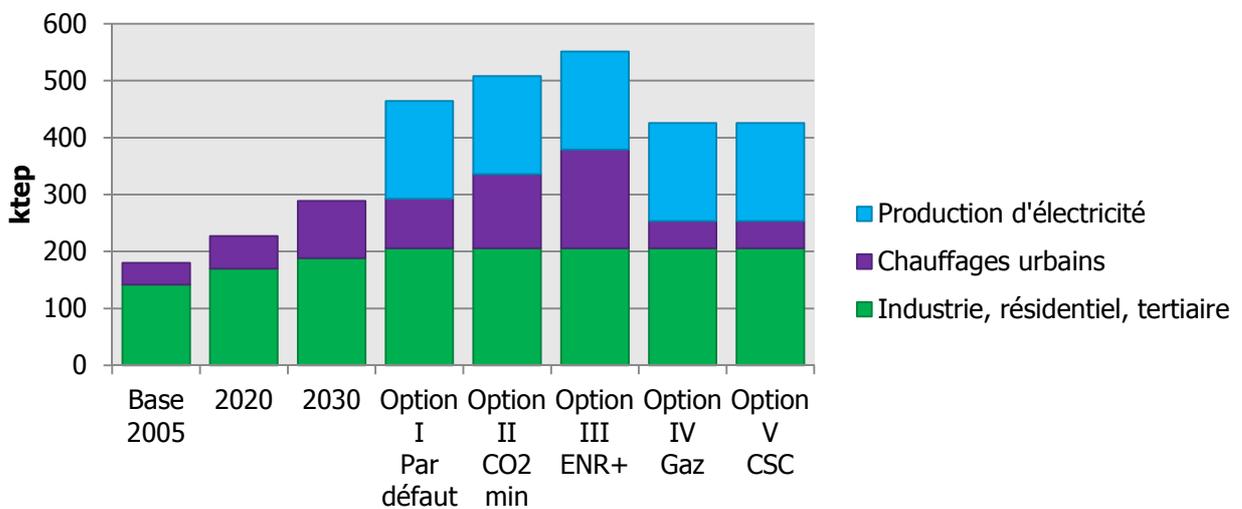
(en ktep)	Base 2005	2020	2030	Option I défaut	Option II CO2 min	Option III ENR+	Option IV Gaz	Option V CSC
Charbon	2 986	1 711	1 089	903	903	903	903	1 265
Pétrole	5 060	2 934	1 651	620	620	620	620	620
Gaz naturel	4 153	3 185	2 162	1 581	1 516	2 311	2 447	2 286
Biogaz	11	195	385	552	552	629	552	552
Bois énergie	180	243	303	405	442	478	372	372
Agrocarburants	112	93	121	188	188	188	188	188
Déchets	82	112	123	128	128	128	128	128
ENR électriques	423	892	1 240	1 645	1 645	1 670	1 693	1 645
Nucléaire	6 371	3 805	2 938	1 528	1 582	0	0	0
Autres	44	66	75	80	80	80	80	80
Total	19 424	13 237	10 088	7 631	7 656	7 007	6 984	7 136
Part fossile (%)	62,8	59,2	48,6	40,7	39,7	54,7	56,8	58,4
Part ENR (%)	4,4	12,1	22,3	39,3	39,7	45,3	43,2	41,6

4.4. Focus sur les renouvelables thermiques

Le bois, le biogaz et les agrocarburants sont des sources d'énergie primaire qui nécessitent une attention supplémentaire en raison de leur gisement limité.

4.4.1. Le bois-énergie

Consommation et usages du bois-énergie de 2005 à 2050 selon les options de bouclage

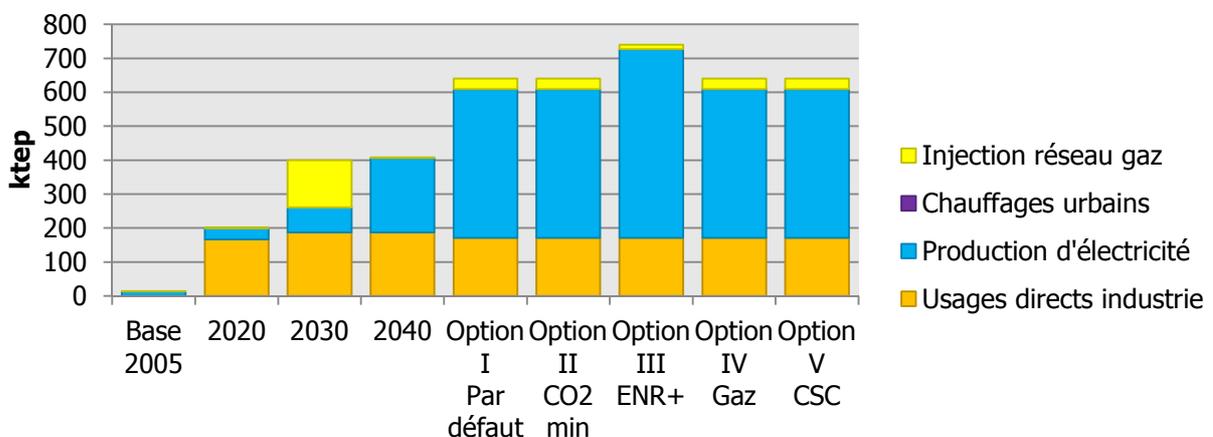


Les consommations de bois augmentent d'environ 50% à 2030, et de 150% à 2050. Cette hausse est particulièrement forte dans les options ayant recours au nucléaire (pour couvrir des usages thermiques) et dans l'option III qui maximise les potentiels d'énergies renouvelables. Cela signifierait alors certainement des importations de bois en provenance d'autres régions françaises. Dans les options IV et V le recours au gaz et à la séquestration (donc à un surcroît d'énergies fossiles) détend légèrement les besoins sur les usages thermiques.

4.4.2. Biogaz

Le gisement retenu est de 640 ktep. Même si le SRADDT a proposé une valorisation au-delà de 800 ktep, on considérera notre estimation comme constituant d'un plafond. Aller au-delà prendrait le risque d'un appauvrissement des sols car trop de matière organique serait détournée vers la méthanisation.

Consommation et usages du biogaz de 2005 à 2050 selon les options de bouclage



L'option III fait figurer une marge supplémentaire en raison de l'apport de gaz par méthanation à partir notamment d'éolien renouvelable.

4.4.3. Agrocarburants

Les consommations d'agrocarburants sont estimées à un peu plus de 100 ktep en 2005. Les objectifs européens de porter la part de d'agrocarburants dans le raffinage des produits pétroliers à 10% pour 2020 semblent compromis par la tension sur l'approvisionnement et le risque de conflits sur l'usage des sols avec les productions alimentaires.

Les agrocarburants voient une importante évolution dans leur usage d'ici à 2050. Retirés des véhicules particuliers et des poids-lourds, où existent des solutions de substitution respectivement vers l'électricité et le gaz, ils sont concentrés dans l'agriculture, la pêche et le transport aérien pour lesquels il n'y a guère de substitution possible à l'utilisation de carburants liquides.

Les prospectives nationales tablent sur le développement d'agrocarburants de seconde et de troisième génération, permettant respectivement de valoriser les déchets verts ou de fixer du carbone atmosphérique au travers de micro-algues. Ces filières sont pour le moment dans une phase d'expérimentation. On peut considérer que, dans un premier temps, leur contribution à la production d'énergie se fera en remplacement des agrocarburants de première génération.

4.5. L'avenir des réacteurs nucléaires

Les six réacteurs de Gravelines ont été mis en service entre 1980 et 1985. Sur les cinq dernières années, les réacteurs ont fonctionné en moyenne 6700 heures par an pour une production de 3200ktep d'électricités. En 2005, la région Nord-Pas de Calais consommait environ 2300ktep d'électricité nucléaire, soit un fonctionnement à pleine puissance des réacteurs pendant 4850 heures par an.

L'exposé ci-dessous se veut avant tout une démonstration des marges de flexibilité disponibles et ne prétend pas trancher entre les options. D'ici 2050, l'évolution des réacteurs va être conditionnée par les éléments suivants :

- Le besoin d'électricité nucléaire pour boucler l'approvisionnement, en fonction des trajectoires d'efficacité énergétique et de développement des énergies renouvelables
- La décision de prolonger ou non leur durée de vie, dont la réalisation effective dépend de l'inspection rendue par l'ASN ;
- La possibilité de consacrer jusqu'à 6000 heures par an à la production régionale, dans un contexte de fin de la surcapacité nucléaire dans lequel se situe actuellement le pays.

Selon les options de bouclage, les dynamiques permettant la fermeture des réacteurs ne sont pas les mêmes comme le montre le tableau ci-dessous :

Réacteurs nucléaires ■ nécessaires en Nord-Pas de Calais selon l'option de bouclage

Option	En 2012	En 2020	En 2030	En 2040	En 2050
I Par défaut	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ (■)	■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■
II CO ₂ minimum	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ (■)	■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■
III ENR +	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ (■)	■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■
IV Gaz	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ (■)	■ ■ ■		
V Séquestration	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ (■)	■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■

Légende :

- Age des réacteurs ■ ≤ 40 ans ≤ ■ ≤ 50 ans ≤ ■ ≤ 55 ans ≤ ■ ≤ 60 ans
Nouveaux réacteurs ■
Réacteurs non-nécessaires (■) avec un taux de charge de 6000h/an pour la région

Calculé sur la base de réacteurs de 915MW

En 2012 la région disposait de six réacteurs nucléaires sur le site de Gravelines. En 2020, le besoin se situe entre trois et quatre réacteurs pour tous les scénarios (selon le taux de charge retenu). En 2030, seulement trois réacteurs sont nécessaires, mais cela implique une prolongation de leur durée de vie au-delà de 40 ans. En 2040, trois réacteurs sont nécessaires et la situation varie selon les scénarios :

- Dans les options qui ont recours au nucléaire en 2050 (I et II), il faudrait prolonger la vie des deux réacteurs les plus récents au-delà de 50 ans et construire un nouveau réacteur.
- Dans les options qui n'ont pas recours au nucléaire, deux possibilités :
 - Prolonger les deux réacteurs les plus récents au-delà de 50 ans et le suivant au-delà de 55 ans. C'est ce qui est envisagé pour les options avec renouvelables maximales et séquestration du carbone ;
 - Remplacer, dans une logique de transition, un ou plusieurs réacteurs par une production au gaz en cycle combiné, en attendant le plein raccordement des renouvelables à 2050. C'est ce qui est envisagé dans l'option IV à dominante gaz.

A noter que dans les options III et V le même passage transitoire par le gaz est envisageable de manière à ne garder que deux ou un seul réacteur actif.

5. Conclusions

✓ **Les effets sur l'emploi et la pollution de l'air**

L'exercice de prospective a mis en évidence qu'il n'y a pas de concurrence entre une optimisation au niveau de l'emploi et de la réduction de la pollution de l'air.

- L'optimisation du contenu en emplois conduit en particulier à assurer la réhabilitation du patrimoine bâti existant et à valoriser les énergies renouvelables, le tout dégagant un potentiel de 30.000 emplois supplémentaires créés et maintenus d'ici à 2050.
- L'optimisation du secteur des transports qui est absolument indispensable pour réduire les émissions de gaz à effet de serre passe par le développement de services à la place du modèle actuel basé sur la propriété individuelle du véhicule. Or celui-ci induit un investissement en capital par les ménages considérable qui n'est guère compatible avec une tension forte sur les revenus des ménages. Ce passage inévitable à une organisation privilégiant les services sera assurément elle défavorable à l'emploi dans la construction automobile. Elle serait en revanche très favorable à la réduction de la pollution de l'air car accompagnée d'un désengagement très important des carburants pétroliers).
- Dans le résidentiel, le développement du chauffage au bois devra faire l'objet d'une attention supplémentaire. En urbain, il est préférable de consommer le bois au travers d'installations collectives : chaufferies ou centrales de chauffage urbain pour lesquelles des dispositifs de filtration de l'air sortant sont rentables. En périurbain, où la densité de population est plus faible, les équipements de chauffage au bois en maison individuelle devront être labellisés « Flamme Verte » afin de réduire au maximum les émissions de polluants atmosphériques.
- Le point où se pose un arbitrage entre la transition énergétique et la réduction de la pollution de l'air concerne l'air intérieur. L'atteinte d'objectif de réhabilitation BBC avec contrôle des débits d'entrée d'air dans les bâtiments peut s'avérer néfaste sans un volume suffisant de renouvellement d'air assuré par des VMC double flux. Cela conduit également à une modération de l'utilisation du bois pour le chauffage en petite installation domestique et à privilégier la cuisson électrique par rapport à celle au gaz.

✓ **Enseignements**

La réflexion sur la transition énergétique en Nord-Pas de Calais a mis en évidence sept aspects qui vont déterminer la réussite de cette transition :

- Une forte qualité de prise de décision sans tarder de la part de tous les acteurs régionaux, des collectivités publiques et des ménages pour atteindre les objectifs dans les meilleures conditions économiques possibles ;
- Le volume d'investissements à engager va être considérable ; il est essentiel que soit organisé un transfert financier entre la dépense énergétique nationale sous forme d'importations de pétrole, de gaz, d'uranium et de charbon au profit d'investissements contribuant à la relance de l'économie régionale ;
- Le timing qui doit être respecté pour assurer le renouvellement du parc de production électrique dont quasiment presque tous les équipements nationaux arriveront en fin de vie entre 2020 et 2040 ; il est clair que le calendrier est très contraint ;
- La garantie d'assurer une division par 4 des émissions de gaz à effet de serre pour 2050 ; plus du retard sera pris, plus la réduction devra ensuite devenir plus forte ;

- La vulnérabilité régionale du fait du changement du trait de côte ; la région s'avère parmi les plus vulnérables de France du fait de leur littoral inondable entre Calais et la frontière belge et au niveau de la baie de la Canche ;
- La mobilisation nécessaire de tous les acteurs dans la région avec un cap clair en apportant des moyens cohérents de la part des collectivités publiques, des structures financières et des entreprises ;
- L'amélioration des comportements individuels, ce qui ne sera pas possible à obtenir sans réussir les points qui précèdent.

Dans un débat énergétique qui tend à se focaliser sur les questions techniques et économiques, il se dégage que la réussite de la transition énergétique va fortement dépendre de la cohésion des acteurs dans un système énergétique qui deviendra de fait beaucoup plus décentralisé.

Si cela va nécessiter un cadre national clair, notamment au plan stratégique, législatif, réglementaire, financier et fiscal, la cohérence de la politique régionale va être tout aussi décisive. Celle-ci pourra être aidée par le fait que cette politique présente des atouts considérables pour la région en emplois notamment en réhabilitant le parc bâti, en valorisant les ressources renouvelables, en développant de nouveaux secteurs économiques et industriels : production d'équipements pour les énergies marines, les smartgrids, le stockage de l'énergie... Ces aspects soulignent l'intérêt de la démarche engagée par les acteurs de la région avec Jeremy Rifkin.

Or, il est clairement apparu que de nombreuses professions sont en attente d'une perspective claire bénéficiant le plus possible de l'accord de tous. Sans cela dans le contexte actuel, la crainte de ne pas amortir les investissements l'emportera. Parallèlement, il est essentiel d'obtenir des changements très importants des comportements de la part de chacun. Cela ne pourra pas être obtenu sans un engagement collectif clair.

Comme il a été précisé lors de la présentation des options concernant la réussite de la transition énergétique à renouveler profondément toutes les capacités de production d'énergie et à atteindre le facteur 4 pour 2050, l'exercice de prospective se devait poser clairement les choix possibles pour aider à la décision publique.

✓ **Limites**

Une analyse de ce que donnerait une contribution partielle des niveaux d'efficacité énergétique n'a pas été réalisée. En pratique, il n'est pas possible de réaliser le facteur 4 sans un niveau très élevé à la fois d'efficacité d'énergie et de valorisation des énergies renouvelables. Faute de telles progressions, la seule solution possible serait un recours massif au nucléaire, une solution qui au-delà des avis des uns et des autres, n'est pas généralisable à toute l'humanité.

Cette scénarisation ne permet peu ou pas les progressions suivantes :

- La connaissance des limites précises des émissions de gaz à effet de serre à long terme. Le prochain rapport (le 5^{ème}) sur l'amplitude du changement climatique sera rendu en octobre prochain.

Les limites suivantes correspondent à des capacités de modélisation que personne ne maîtrise réellement avec les outils qui existent actuellement :

- Une optimisation en puissance de la production électrique au-delà d'un réglage en consommation d'énergie en fonction de l'évolution de la monotone de charge ;
- Les coûts des actions de maîtrise de l'énergie (dans une démarche bottom-up pour chacun elle) même si, empiriquement la trajectoire des différentes filières à – a ce stade – tenté d'en tenir compte ;

- Les tarifs énergétiques induits par l'évolution des coûts ;
- Une déclinaison précise de l'efficacité précise des instruments de maîtrise de l'énergie, de nature institutionnelle, réglementaire, fiscale, incitative ou comportementale qui permette d'atteindre de tels objectifs ;
- Une modélisation des impacts macro-économiques sur la croissance et les échanges extérieurs ;
- Un calcul précis des possibilités de séquestration du carbone.

Tableau de synthèse des consommations d'énergie et des émissions par secteur en Nord-Pas de Calais

Pour le scénario volontariste n°2

(NPDC)	Consommations d'énergie finale (ktep)					Emissions de CO2 d'origine énergétique (ktCO2)					Réduction par rapport à 2005 (ktep / ktCO2)		
	2005	2012	2020	2030	2050	2005	2012	2020	2030	2050	en 2020	en 2030	en 2050
Agriculture													
Carburants	122	124	114	106	99	409	417	320	218	136	8 / 89	15 / 190	23 / 272
Autres procédés	13	13	13	12	12	15	15	12	6	5	0 / 3	1 / 8	2 / 9
Industrie													
Charbon sidérurgique	2 401	1 764	1 318	1 055	904	9 016	6 548	4 771	3 649	3 034	1083 / 4245	1346 / 5367	1497 / 5982
Chaleur HT	2 508	2 235	1 725	1 415	1 293	5 967	5 172	3 548	2 334	1 998	783 / 2418	1094 / 3633	1215 / 3969
Chauffage des locaux	277	254	245	242	244	695	636	583	515	524	31 / 112	34 / 180	33 / 171
Moteurs	1 116	966	951	978	1 024	848	718	560	153	137	165 / 288	138 / 695	92 / 711
Autres usages	250	215	206	207	208	188	158	120	30	26	43 / 68	43 / 157	42 / 162
Résidentiel													
Chauffage et ECS	2 470	2 010	1 543	1 025	518	6 140	4 709	3 141	1 571	667	928 / 2999	1445 / 4569	1953 / 5473
Cuisson et élec. spécifique	264	274	265	279	329	294	298	217	92	41	-1 / 77	-15 / 202	-65 / 253
Tertiaire													
Chauffage et ECS	995	721	552	390	226	2 694	1 787	1 171	590	226	442 / 1524	605 / 2105	768 / 2469
Cuisson et élec.spécifique	514	408	338	293	289	512	406	290	81	36	177 / 222	222 / 431	225 / 476
Transports passagers													
Véhicules particuliers	2 131	1 845	1 306	801	425	6 911	5 845	4 256	2 489	1 010	825 / 2655	1330 / 4422	1706 / 5900
Avion	354	305	292	254	227	1 189	994	834	597	344	62 / 354	100 / 592	126 / 845
Autres modes	119	123	144	143	162	231	235	271	237	262	-25 / -40	-24 / -6	-43 / -31
Transports marchandises													
Route	787	779	621	439	230	2 540	2 484	2 017	1 351	449	166 / 522	348 / 1189	558 / 2091
Autres modes	16	16	16	16	15	44	43	43	42	39	0 / 0	0 / 2	2 / 5

L'ADEME EN BREF

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) participe à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable. Afin de leur permettre de progresser dans leur démarche environnementale, l'agence met à disposition des entreprises, des collectivités locales, des pouvoirs publics et du grand public, ses capacités d'expertise et de conseil. Elle aide en outre au financement de projets, de la recherche à la mise en œuvre et ce, dans les domaines suivants : la gestion des déchets, la préservation des sols, l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, la qualité de l'air et la lutte contre le bruit.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle du ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie et du ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche. www.ademe.fr



ADEME
20, avenue du Grésillé
BP 90406 | 49004 Angers Cedex 01

www.ademe.fr