

# Effacité énergétique dans l'industrie du Nord-Pas-de-Calais 2011

Extrait du rapport :

## Etude efficacité énergétique en Nord-pas-de-Calais

Rapport Final V9

Etude complète réalisée par **Energie Demain** et **E&E consultant**

Etude réalisée pour le conseil régional Nord-Pas-de-Calais et l'ADEME Nord-Pas-de-Calais

<b>IV. Secteur industrie .....</b>	<b>63</b>
<b>IV.1. Méthodologie .....</b>	<b>63</b>
<b>IV.2. Profil énergétique industriel de la région Nord-Pas-de-Calais .....</b>	<b>66</b>
<b>IV.3. Efficacité énergétique dans les opérations transverses .....</b>	<b>70</b>
<b>IV.4. Résultats de potentiel global de l'industrie .....</b>	<b>74</b>
▪ Récupération de chaleur .....	74
▶ Gisement d'économie d'énergie .....	78
<b>IV.5. Résultats par secteur .....</b>	<b>83</b>
IV.5.a. Sidérurgie .....	83
IV.5.b. Agroalimentaire .....	90
IV.5.c. Chimie .....	95
IV.5.d. Métallurgie des non-ferreux .....	99
IV.5.e. Papier Carton .....	103
IV.5.f. Verre .....	107
IV.5.g. Industries mécaniques et électriques .....	113
IV.5.h. Ciment, Chaux, plâtre .....	118
IV.5.i. Textile .....	123
IV.5.j. Divers .....	127
IV.5.k. Autres matériaux de construction .....	131
IV.5.l. Caoutchouc .....	136
IV.5.m. Synthèse par secteur .....	141

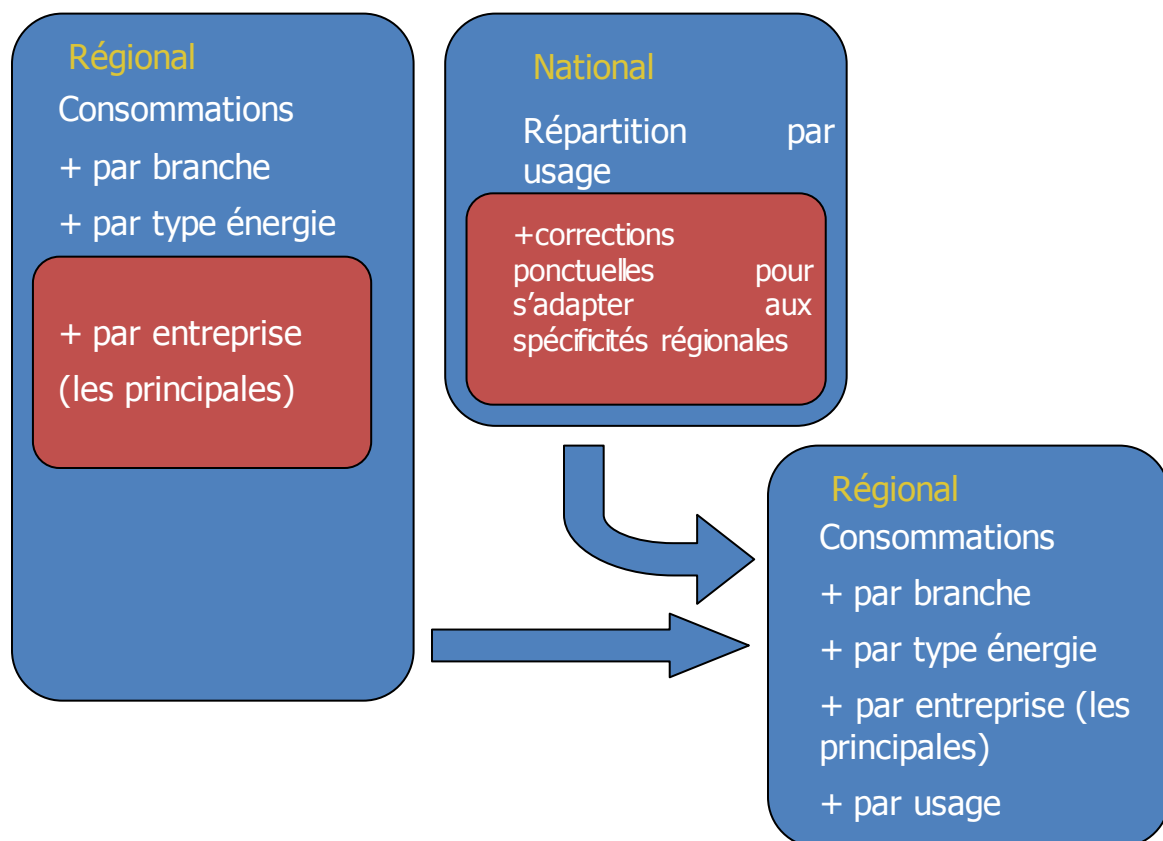
## IV. Secteur industrie

### IV.1. Méthodologie

La première étape de la modélisation consiste à reconstituer les données de consommation détaillées de l'industrie régionale, de manière à segmenter et organiser les données de la façon suivante :

- Par branche industrielle
  - Par sous-branche (si possible avec les productions industrielles en volume, pour juger de l'efficacité)
- Par type d'énergie
- Par usage

Figure 11 – Reconstitution des données de consommation



La Figure 12 synthétise le principe du modèle. Une fois élaborées les données d'entrées, des hypothèses de projection de l'activité dans chaque branche sont définies. Ces projections s'appuient sur des études prospectives régionales, nationales ou européennes, mais aussi viennent de la vision que l'on souhaite donner à l'industrie dans la région. Il a notamment été décidé en accord avec le commanditaire, de ne pas considérer de délocalisations d'unités de

production dont la motivation première serait la fuite de carbone ou la recherche de main d'œuvre bas coût.

La détermination des gisements d'économie d'énergie se déroule selon les étapes suivantes :

Les premières sources de réduction de consommation sont liées à la sobriété, on peut en effet envisager des réductions de production justifiées par un moindre usage de produit (exemple : diminution de la taille des voitures produites)...

Toujours sans toucher au niveau d'efficacité des technologies, il est aussi possible de réduire les consommations énergétiques en augmentant les taux de réutilisation (exemple : bouteilles consignées ou de recyclage (exemple : recyclage des métaux ou plastique).

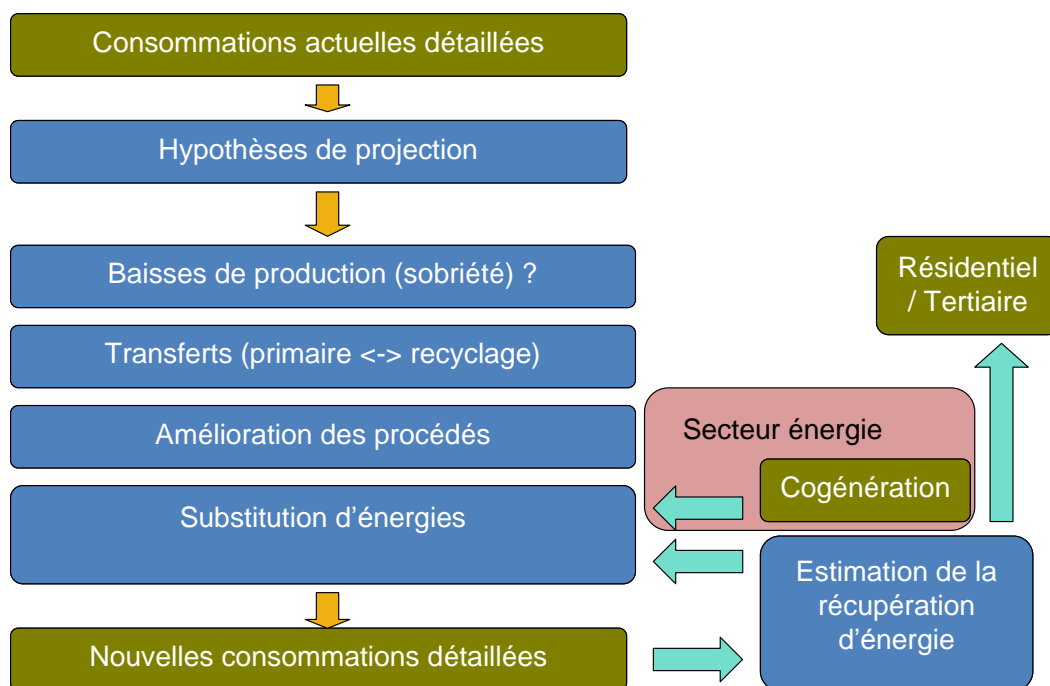
Cette partie est partiellement prise en compte dans les évolutions de production (pas de croissance retenue). Néanmoins des actions plus détaillées pourrait être développées (emballages consignés, baisse de la production de voiture et de leur taille en cohérence avec l'évolution de la part modale des voitures...), mais nécessiteraient des études complémentaires.

Une fois ces premières étapes déterminées, les gains d'efficacité des procédés industriels sont appliqués aux consommations futures de la région. Ces potentiels d'économie d'énergie dépendent d'une part des niveaux de performance des installations actuelles de la région (vétusté des installations, niveau de rénovation...), mais également des meilleures techniques aujourd'hui disponibles. Pour 2050, certaines technologies non encore disponibles au stade industriel mais existant au stade pilote ont été prises en compte (voir pour les détails les chapitres sectoriels). La description des techniques permettant des gains d'efficacité est découpé selon :

- Les opérations transverses, ce sont les utilisations énergétiques que l'on retrouve dans la majorité des secteurs industriels (moteur, éclairage, pompe, ventilateur...)
- Les procédés spécifiques : il s'agit ici particulièrement des procédés des Industries Grosses Consommatrices d'Énergie (IGCE).

Certains gains énergétiques nécessitent la substitution d'énergie. Ainsi, certains usages de l'électricité peuvent permettre des économies d'énergie intéressantes en substitution à des usages de combustible. Par exemple en agroalimentaire ou chimie, le recours à la compression mécanique de vapeur pour les opérations de concentration peut être qualifié d'électricité performante. Les gains en énergie finale doivent cependant être très importants pour permettre un gain réel en énergie primaire (le ratio réel actuel du système électrique européen se situe autour de 3). La modélisation des autres substitutions (gaz, biomasse, solaire...) aurait plus d'importance dans une étude complète, avec objectif de réduction des GES (ce qui n'est pas l'objet ici).

Figure 12 – Schéma de la modélisation de l'industrie



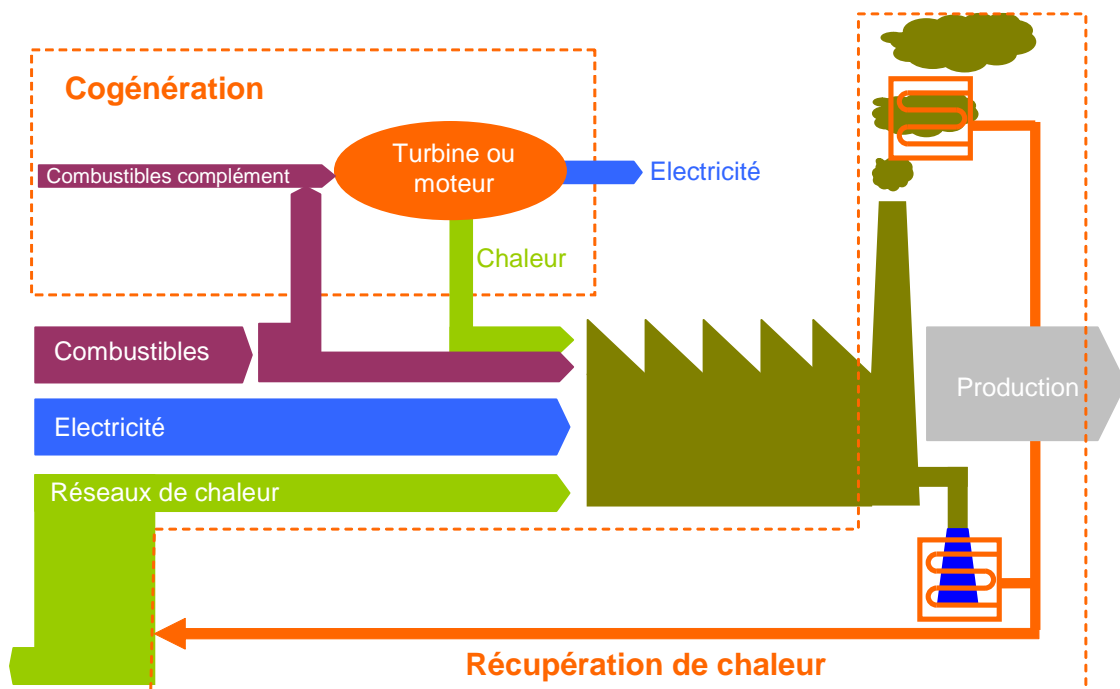
Source : E&E

L'importance de l'industrie dans la région Nord Pas de Calais conduit à proposer une itération supplémentaire dans ce calcul, de façon à estimer le gisement restant de chaleur récupérable, une fois appliquées les meilleures technologies disponibles. De même, l'alimentation des industries en chaleur à moyenne et haute température permet d'envisager une substitution des moyens de production d'électricité classiques par de la cogénération. Ces deux potentiels supplémentaires ont été identifiés puis quantifiés de façon simplifiée :

- **Récupération d'énergie** : bon nombre de procédés industriels, même optimisés, rejettent encore sous forme d'effluents (fumées, eau de refroidissement...), des quantités de chaleur importantes dans l'environnement. Des échangeurs de chaleurs peuvent permettre de récupérer cette énergie, et alimenter ainsi des réseaux permettant une valorisation en dehors du site industriel (dans une autre unité industrielle, ou un autre secteur – résidentiel ou tertiaire). Cette récupération est cependant tributaire du reste du bilan, par exemple les besoins en chaleur ou les valorisations du bois ou des effluents. Elle dépend donc non seulement de l'efficacité de la récupération (rendement des échangeurs, auxiliaires de pompage...) mais aussi d'un taux d'utilisation qui dépend du reste du système.
- **L'utilisation de turbines à gaz ou moteurs à combustion en substitution de brûleurs classiques**. La chaleur utile pour le procédé, initialement produite par combustion directe de gaz est substituée, par les gaz d'échappement d'une turbine à gaz voir d'un moteur. Il s'agit d'une **cogénération en amont du cycle industriel**. Cette production électrique permet ainsi de limiter l'énergie primaire utilisée dans la production électrique. Cette économie peut être portée au crédit du secteur énergétique. Une optimisation de ces productions dans le temps, fonction des autres productions fossiles ou des importations, pourrait aussi amener un bilan carbone positif.

Ces deux potentiels sont illustrés sur la Figure 13.

Figure 13 – Récupération d'énergie et cogénération amont dans l'industrie



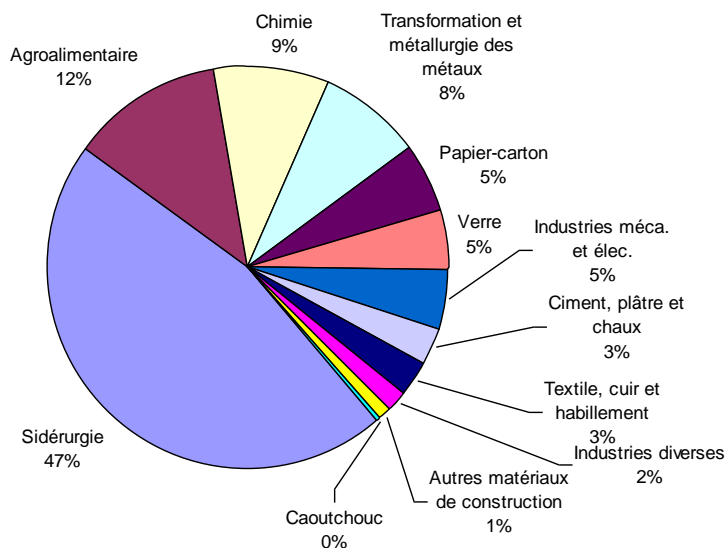
Source : E&E

## IV.2. Profil énergétique industriel de la région Nord-Pas-de-Calais

En 2005, année de référence de l'étude, l'industrie représente environ 7 Mtep de consommation d'énergie, soit 50% de la consommation finale d'énergie de la région (au niveau nationale, l'industrie représente seulement 27% de la consommation totale). Ces chiffres montrent donc le poids de l'industrie dans la région, notamment d'Industrie Grosse Consommatrice d'Énergie (IGCE).

La Figure 14 montre la répartition des consommations d'énergie par grand secteur. La sidérurgie, (pour 75% la production d'acier primaire) pèse pour près de la moitié de la consommation régionale industrielle. Ensuite on retrouve l'agroalimentaire et les industries lourdes (Chimie, Métaux, Papier, Verre, Ciment...). On note également une part importante d'industrie en mécanique et électricité.

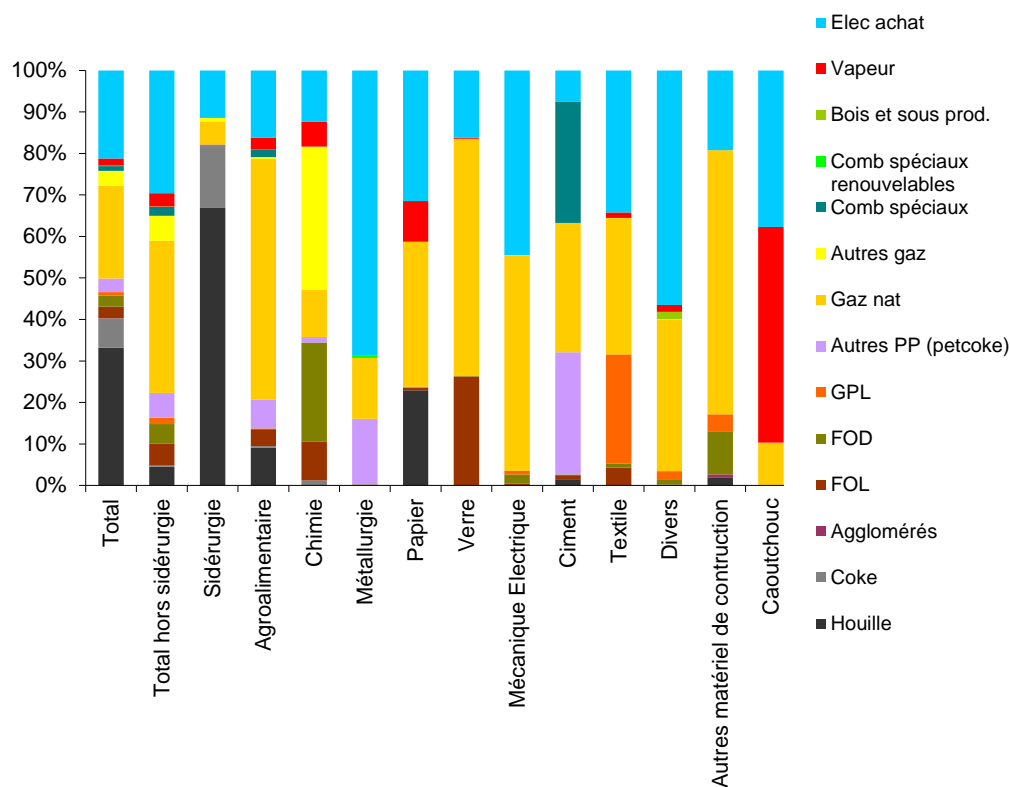
Figure 14 – Répartition sectorielle des consommations d'énergie dans la région Nord-Pas-de-Calais - 2005



Source : SESSI

La Figure 15 montre que le charbon reste la plus importante consommation avec une part de 30%.. Il est principalement utilisé pour la production d'acier primaire (haut-fourneaux de Dunkerque). Il est suivi par le gaz naturel avec plus de 20% des usages. Le gaz naturel continue à se développer en raison de son coût plus faible que le fioul et ses faibles émissions de GES. L'électricité ne représente que 20% en énergie finale des consommations. La part vapeur correspond en général à l'externalisation de la production de vapeur pour des procédés spécifiques (papèterie, chimie, caoutchouc). Cette part pourrait augmenter si l'on augmente la récupération de chaleur inter-industrie.

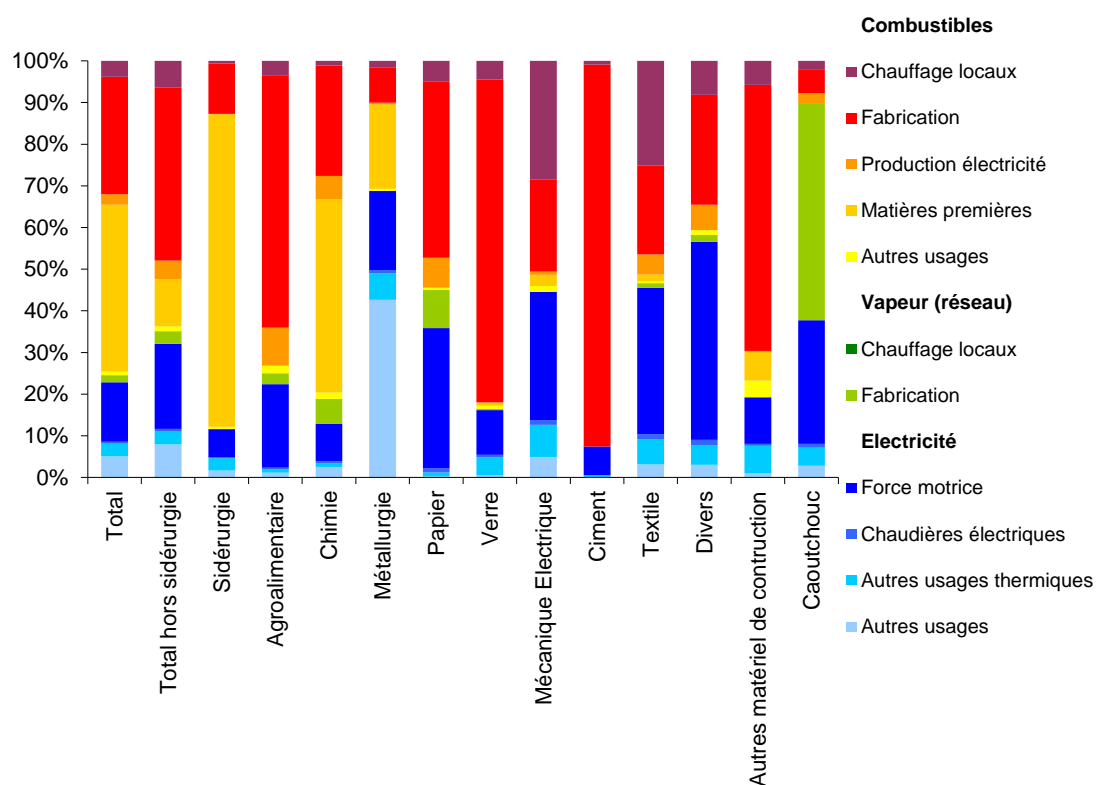
**Figure 15 – Répartition des consommations d'énergie, par type d'énergie et par secteur industriel – Nord-Pas-de-Calais**



Source : E&E, SESSI

Concernant les usages de l'énergie (Figure 16), la répartition dans la colonne « Total » laisse voir que l'usage principal de l'énergie se fait sous forme de matière première. Cette forte proportion provient en fait de la prédominance de la consommation énergétique des haut-fourneaux (voir IV.5.a). L'autre enseignement intéressant est que les 2/3 des consommations d'électricité se fait dans les moteurs. Pour les détails par secteur, se reporter aux chapitres spécifiques.

Figure 16 – Répartition par usage – par industrie – Nord - Pas de Calais - 2005

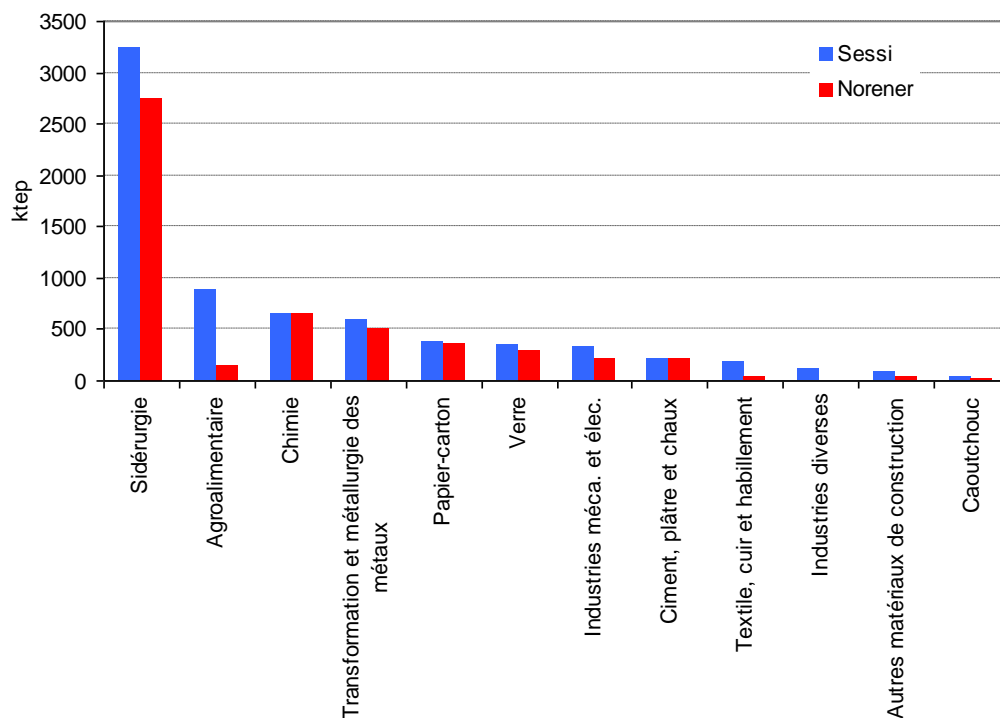


Source : E&E, SESSI

La description fine des secteurs industrielle a été permise avec l'utilisation à la base de données NORENER de la région. Elle comptabilise de manière détaillée 75% des consommations d'énergie de de l'industrie de la région, grâce à une enquête annuelle et des résultats par site industriel. La Figure 17 montre que l'enquête NORENER couvre correctement les secteurs majeurs (à l'exception de l'agro-alimentaire).



**Figure 17 – Consommation énergétique industrielle – enquête SESSI et NORENER – Nord - Pas de Calais - 2005**



Source : E&E, SESSI, NORENER

### IV.3. Efficacité énergétique dans les opérations transverses

Avant d'étudier chaque secteur industriel de manière détaillé, cette partie présente les différents usages de l'énergie que l'on retrouve dans différents secteurs. Elles concernent des opérations précises, appelées transverses, on peut distinguer :

- Le chauffage des locaux
- La production de chaleur
- Le transport et la distribution de la chaleur (pertes)
- Les moteurs électriques
- Le pompage
- La production air comprimé
- La ventilation
- L'éclairage
- La production de froid
- Les pertes dans les transformateurs électriques

### ► Chauffage des locaux

Comme dans les secteurs résidentiel et tertiaire, un gros gain d'efficacité est possible sur le chauffage des locaux, même si les locaux industriels peuvent avoir des spécificités défavorables (gros volumes, nécessité de transit fréquent avec l'extérieur,...). Il s'agit là bien sûr d'isoler mieux les bâtiments, mais également d'optimiser les systèmes en place : chauffer uniquement quand et où c'est nécessaire, déstratification des couche d'air...

### ► Production de chaleur

La production chaleur concerne principalement les chaudières. Les chaudières performantes actuelles peuvent atteindre de meilleurs rendements, notamment en ayant recours à des économiseurs et des réchauffeur d'air, ce qui permet de récupérer le maximum d'énergie des fumées.

### ► Transport et distribution de chaleur

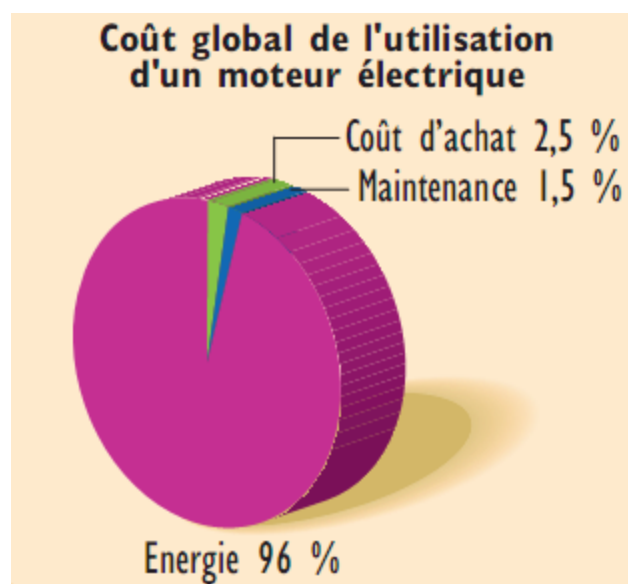
Cette action consiste principalement à bien calorifuger les conduites de chaleur.

### ► Moteurs électriques

C'est un chantier très important, car comme le montre la Figure 16, les moteurs représentent 70% des usages de l'électricité dans l'industrie. Des gains très importants sont possibles :

- bien dimensionner la machine que l'on souhaite entrainer, les surdimensionnements entraînent généralement une surconsommation (fonctionnement du moteur en dehors de la zone optimale).
- Utilisation des moteurs les plus efficaces (label EFF 1). Même s'il y a un surcôt à l'achat, ce choix est largement rentable quand on sait, qu'aujourd'hui, en moyenne, le coût d'achat du moteur ne pèse que 2,5% du coût d'usage sur sa durée de vie (96% étant la facture d'énergie, voir Figure 18).
- Utilisation de variateurs de vitesse. L'usage des variateurs de fréquence dont le coût a largement diminué ces dernières années, permet d'adapter au mieux la vitesse du moteur au besoin. Sur une majorité d'usage les gains sont très importants.
- Bonne maintenance : du moteur en lui-même (graissage palier), et de la ligne de transmissions (alignement, tension courroie...)

Figure 18 – Répartitions des coûts d'utilisation d'un moteur électrique



Source : Guide technique Motor Challenge

## ► Fluide : Pompage, air comprimé, ventilation

Les machines tournantes de type ventilateur, compresseur ou pompe ont également un bon potentiel d'économie d'énergie :

- Choisir des machines de meilleurs rendements
- Optimiser la conception de circuits de fluide (éviter les pertes de charge inutile)
- Bonne maintenance : faire la chasse au fuite (c'est souvent le cas sur les installations d'air comprimé<sup>8</sup>), nettoyage des filtres...

## ► L'éclairage

Les gains d'efficacité sont encore largement possibles. Il s'agit d'utiliser des lampes à basse consommation, mais aussi d'optimiser les postes de travail pour profiter au maximum de la lumière naturelle, et d'éviter les sur éclairages.

## ► Production de froid

La production de froid se fait principalement par machine frigorifique avec compresseur. Les mesures permettant les gains regroupes celles des machines tournantes, et les usages thermiques :

- Bon usage du froid
- Compresseurs haute performance
- Récupération de la chaleur de compression

## ► Pertes transformateurs

Les industriels possèdent souvent leurs propres transformateurs. Au même titre que sur les réseaux de transport et distribution électrique, des gains sont possibles en utilisant des transformateurs de dernière technologie.

## ► Gisements retenus des opérations transverses

Au niveau national, la dernière étude CEREN de 2010 a estimé les potentiels de gisements « techniquement réalisable », voir Tableau 1. On entend par réalisable des actions qui ont déjà été mises en place industriellement.

**Tableau 1 – Consommation d'énergie de l'industrie et gisements d'économies des opérations transverses – France - 2007**

	Total industrie	Opération transverses de l'industrie			
	Consommation	Consommation	Consommation	Gisement	
	TWh	%	TWh	%	TWh
Combustibles	358,3	12%	43	53%	23
Electricité	134,6	78%	105	39%	41
Total	492,9	30%	148	43%	64,0

Source : Synthèse du « gisement d'économies d'énergie dans les opérations transverses de l'industrie » - CEREN - 2010

Le détail par opération donne :

<sup>8</sup> Voir [www.acenergie.fr](http://www.acenergie.fr), société régionale spécialisée dans l'amélioration des performances des réseaux d'air comprimé.

**Tableau 2 – Détails des gisements d'économies maximum des opérations transverses – France - 2007**

	Gisements par opération		Consommation actuelle	Potentiel du gisement
	part en % du gisement total	TWh	TWh	%
Chaufferies	12%	7,7	10	77%
Réseaux	8%	5,1	8	68%
Chauffage des locaux	19%	12,2	25	50%
Moteurs	29%	18,6	51	36%
Air comprimé	5%	2,9	9	33%
Froid	5%	3,2	9	36%
Ventilation	9%	5,8	16	37%
Pompage	6%	3,9	14	27%
Transformateur	2%	1,3	2	71%
Eclairage	5%	3,2	5	64%
<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>64,2</b>	<b>148</b>	<b>43%</b>

*Source : Synthèse du «gisement d'économies d'énergie dans les opérations transverses de l'industrie" - CEREN – 2010 – Interprétation E&E*

Lecture Tableau 2 : exemple de la ligne moteur

En France, les moteurs présentent un potentiel maximum de 18,6 TWh d'économies d'énergie. Cela représente 29% du gisement maximum d'économie d'énergie des opérations transverses.

L'opération transverse « moteur » consomme en 2007 51 TWh par an. Le gisement maximum sur l'opération moteur correspond donc à un gain de 36%.

Pour estimer les potentiels dans la région, les consommations de chacune de ces opérations transverses ont été reconstituées secteur par secteur, puis les potentiels proposés par le CEREN sont appliqués. On considère que seules les actions ayant un temps de retour sur investissement inférieure à 3 ans sont réalisées d'ici 2020, le reste est réalisé d'ici 2050. On obtient en synthèse le tableau suivant :

**Tableau 3 - Estimations des potentiels d'économie d'énergie par opération transverse**

	Tendanciel		Tendanciel corrigé		S_Gisement	
	2020	2050	2020	2050	2020	2050
Chaufferies	0%	0%	0%	0%	<b>64%</b>	<b>77%</b>
Réseaux	0%	0%	0%	0%	<b>50%</b>	<b>68%</b>
Chauffage des locaux	0%	0%	0%	0%	<b>46%</b>	<b>50%</b>
Moteurs	0%	0%	7%	14%	<b>18%</b>	<b>36%</b>
Air comprimé	0%	0%	7%	13%	<b>19%</b>	<b>33%</b>
Froid	0%	0%	0%	0%	<b>18%</b>	<b>36%</b>
Ventilation	0%	0%	7%	15%	<b>19%</b>	<b>37%</b>
Pompage	0%	0%	5%	11%	<b>13%</b>	<b>27%</b>
Transformateur	0%	0%	0%	0%	<b>33%</b>	<b>71%</b>
Eclairage	0%	0%	13%	26%	<b>36%</b>	<b>64%</b>

Source : CEREN, E&E

## IV.4. Résultats de potentiel global de l'industrie

### ▪ Récupération de chaleur

#### ► Définition

La récupération de chaleur est estimée en considérant qu'elle se fait à basse température (réseau de chaleur à 80 ou 90°C). Ce niveau de température est important car il fixe une limite physique de récupération, cette limite étant la nécessité d'avoir un gradient de température entre le milieu où l'on récupère la chaleur et le niveau de température de l'alimentation du réseau de chaleur.

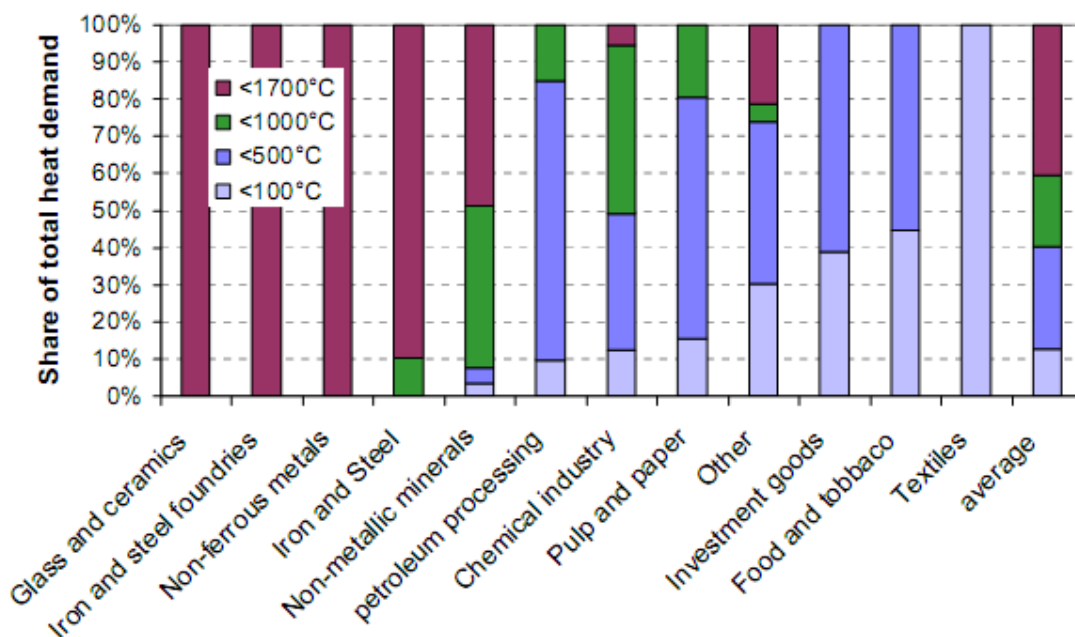
Ce potentiel pourrait être augmenté en utilisant des pompes à chaleur ce qui permet de prendre en compte des gisements à plus basse température. Ceci mériterait une étude détaillée combinée à celle des potentiels d'usage sur réseaux de chaleur urbain.

Dans cette estimation il faut bien avoir à l'esprit que le potentiel de récupération d'énergie pour une valorisation hors procédé est inversement proportionnel à l'efficacité du procédé. En effet, dans de nombreux procédés énergivores, une source majoritaire de réduction des consommations d'énergie consiste en l'utilisation d'énergie perdue à des fins de préchauffage.

De manière générale, les plus gros taux de récupération se trouvent sur les procédés nécessitant des hautes températures pour le procédé (industrie lourde), telle que la sidérurgie, la métallurgie, l'industrie chimique, la cimenterie... La Figure 19 présente pour les principales branches industrielles les niveaux de température des procédés.

A l'inverse, les procédés basse température sont les industries qui peuvent devenir consommatrices d'énergies provenant de réseaux de chaleur basse température. Des pompes à chaleur peuvent être alors installées pour relever que quelques dizaines de degré si nécessaire, là encore des études plus fines pourraient préciser les gains et le caractère plus ou moins coûteux de leur mise en œuvre.

Figure 19 – Demande de chaleur par branche industriel et niveau de température – Europe - 1994



Source : « Energy Savings Potentials in EU Member States », Franhofer Institute, Commission européenne, p225, 2009

Il n'a pas été envisagé dans cette étude, une conversion de la chaleur en électricité par cycle thermodynamique (Eau-vapeur ou ORC<sup>9</sup>). Bien que des installations de ce type existent (par exemple sur des cimenteries), elles sont (en Europe) encore peu rentables, à moins d'avoir des sources de températures à haute température. Avec l'amélioration des procédés de production, les sources de températures disponibles baissent. A moins d'améliorer les cycles de conversions (ORC, cycle Kalina, matériaux thermosensibles), ou de se situer sur des sites relativement isolés, il semble plus économique de valoriser cette récupération d'énergie directement sous forme de chaleur.

## ► Résultats

Ces résultats montrent pour chaque secteur le potentiel de récupération de chaleur basse température. Il a également été fait une estimation préliminaire des possibilités d'utilisation de chaleur basse température. Ces consommations pourraient être alimentées par des réseaux inter-industries.

### Lecture de la Figure 20, exemple pour 2020 :

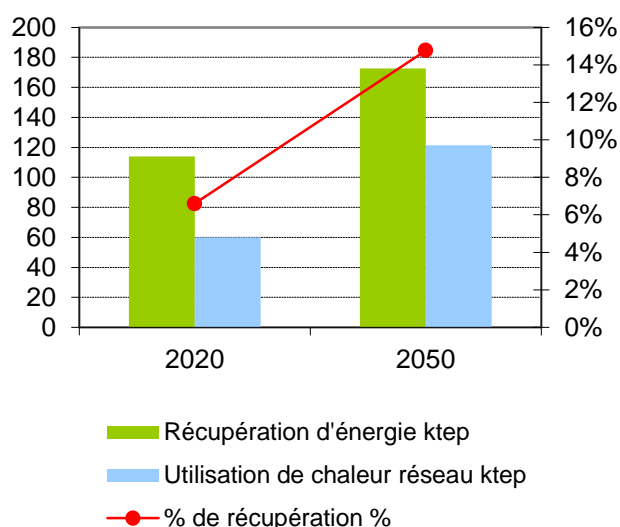
En 2020, il y a un potentiel de récupération de chaleur basse température de 114 ktep. Il représente 7% de l'ensemble des énergies à usage thermique consommée par ce secteur.

D'autre part on estime que le secteur industriel pourrait utiliser environ 60 ktep de chaleur basse température.

<sup>9</sup> ORC : Organic Rankine Cycle, cycle thermodynamique utilisant une fluide organique

Pour 2050, le potentiel de récupération est plus faible car entre temps, les procédés se sont améliorés, la part de perte valorisable a donc diminuée.

Figure 20 – Récupération et consommation de chaleur basse température – 2050



Source : E&E

Tableau 4 – Bilan récupération d'énergie – Industrie NPDC

S_Gisement		2020	2050
Champ d'application	ktep	1725	1168
% de récupération	%	7%	15%
Récupération d'énergie	ktep	114	173
Utilisation de chaleur réseau	ktep	60	121
<b>Reste pour autres secteurs</b>	<b>ktep</b>	<b>54</b>	<b>51</b>

Source : E&E

Au-delà des économies d'énergie décrites plus haut, le potentiel de récupération de chaleur est ici estimé de façon sommaire. Il conviendra d'estimer ce gisement en fonction des paramètres suivants :

- Coûts et longueurs de raccordement
- Valeur des chaleurs
- Risque de disparition de l'unité industrielle
- Saisonnalité des productions et des demandes possibles

Ces résultats reconstitués doivent être pris avec les réserves d'usage, une étude plus détaillée serait ici nécessaire pour leur donner une robustesse suffisante pour y consacrer une politique spécifique. Ils nous donnent cependant une idée de l'importance de l'enjeu pour des industries souvent proches des villes.

Les consommations de réseau recouvrent quasiment exclusivement des besoins en chauffage des industries (pour rappel, il est considéré que l'on réduit de 50% ces besoins d'ici 2050)

Au final, l'énergie récupérée est de 173 ktep en 2050.

Si l'on retranche les besoins de chauffage des locaux de l'industrie qui pourrait être satisfaits avec cette énergie basse température (en interne ou via des réseaux), le surplus qui peut alimenter les secteurs résidentiels et tertiaires est donc de 51 ktep.

En complément du bilan global du Tableau 4, les Figure 21 et Figure 22 illustrent les différentes quantités de chaleur récupérables par secteur. Le choix des taux de récupération est détaillé dans chaque partie sectoriel (§ IV.5)

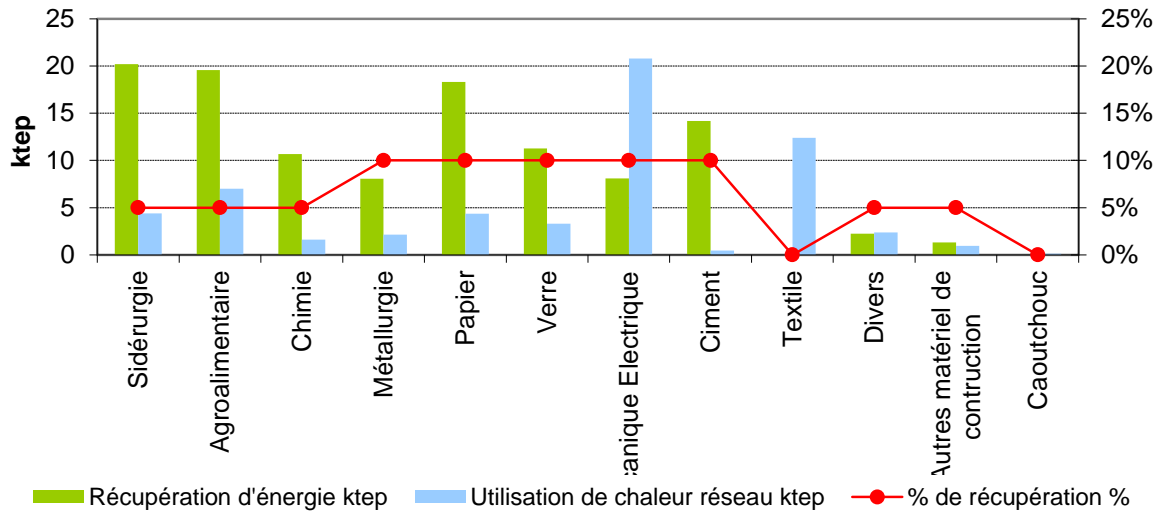
**Lecture des Figure 21 et Figure 22, exemple pour le secteur papetier :**

En 2020, il y a un potentiel de récupération de chaleur basse température de 18 ktep. Il représente 10% de l'ensemble des énergies à usage thermique consommée par ce secteur.

D'autre part on estime que ce secteur industriel pourrait utiliser environ 4,5 ktep de chaleur basse température.

Pour 2050, le potentiel de récupération est plus faible car entre temps, les procédés se sont améliorés, la part de perte valorisable a donc diminuée.

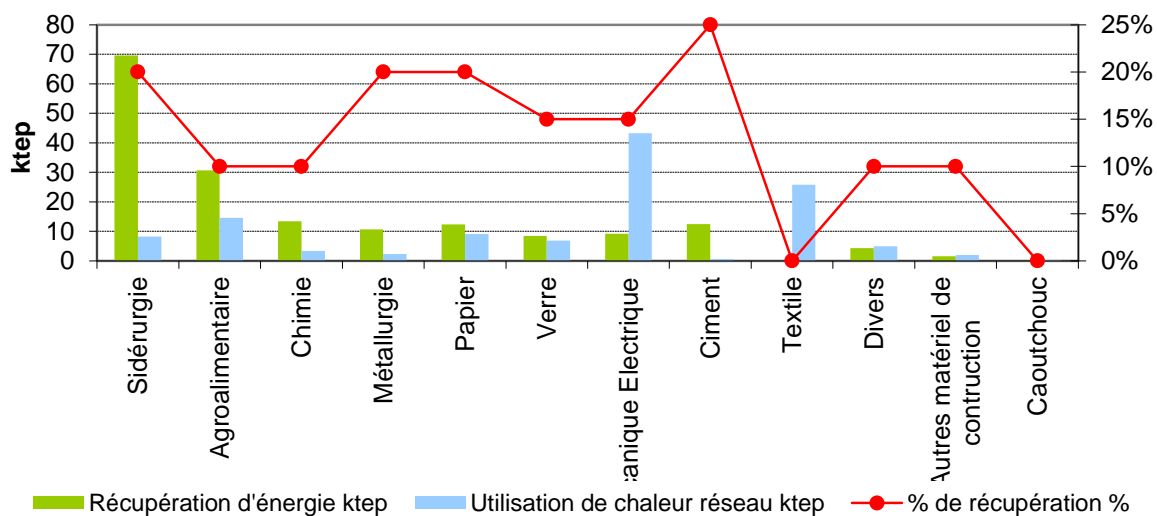
**Figure 21 – Récupération et consommation de chaleur basse température, par secteur – 2020**



Source : E&E



Figure 22 – Récupération et consommation de chaleur basse température, par secteur – 2050



Source : E&E

## ► Gisement d'économie d'énergie

Le Tableau 5 présente les consommations de l'industrie, selon les 3 scénarios. Les résultats montrent que le potentiel d'économie d'énergie est de 35 à 41% sur le long terme, et environ 15% d'ici 2020. Ces résultats globaux peuvent sembler faibles, mais il faut rappeler encore une fois le poids du secteur sidérurgique (50% de la consommation énergétique régionale industrielle) : hors secteur sidérurgique le potentiel est compris entre 39% et 50% sur le long terme, et plus de 20% d'ici 2020, voir Tableau 6.

Les potentiels associés sur les GES sont donnés à titre indicatif : environ 13% d'ici 2020 et d'environ 35% en 2050. Pour être pertinent, il faudrait l'associer au potentiel des énergies renouvelables, et revalider éventuellement certains choix technologiques plus adaptés à l'optique « réduction de GES », mais pas forcément les plus efficaces en terme de consommation d'énergie, en particulier pour la sidérurgie.

Tableau 5 – gisements d'économies d'énergie et de CO2 – Industrie NPDC

		2005	2020	2050
<b>Tendanciel</b>				
Combustible	ktep	5437	5444	5444
Vapeur	ktep	122	123	123
Electricité	ktep	1645	1655	1655
Total*	ktep	7058	7075	7075
Emissions GES	ktCO2	23179	23209	23209
<b>Tendanciel corrigé</b>				
Combustible	ktep	5437	5319	5172
Vapeur	ktep	122	123	123
Electricité	ktep	1645	1561	1167
Total*	ktep	7058	6864	6323
Emissions GES	ktCO2	23179	22627	21676
<b>S_Gisement</b>				
Combustible	ktep	5437	4557	3120
Vapeur	ktep	122	155	237
Electricité	ktep	1645	1407	927
Total*	ktep	7058	5980	4145
Emissions GES	ktCO2	23179	20058	14595
<b>Gisement d'économies d'énergie</b>				
Potentiel min	ktep	0	883	2177
			13%	34%
	ktCO2	0	2569	7081
			11%	33%
Potentiel max	ktep	0	1095	2930
			15%	41%
	ktCO2	0	3151	8614
			14%	37%

\*la différence entre "Total" et combustible+vapeur+électricité correspond à l'autoproduction d'électricité

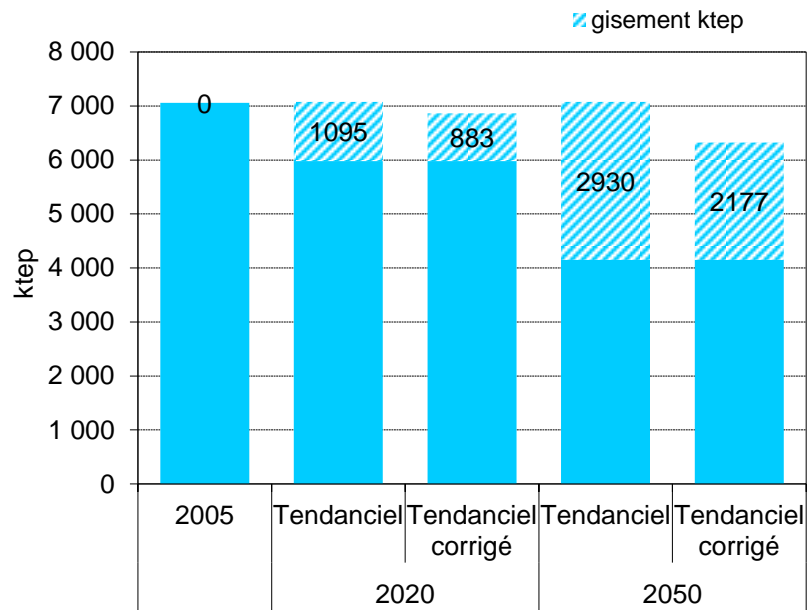
Source : E&E

Note d'explication des graphiques montrant les gisements d'économie (énergie et CO2) :

La totalité de la hauteur des barres montrent les niveaux de consommation d'énergie des scénarios « tendanciel » et « tendanciel corrigé ».

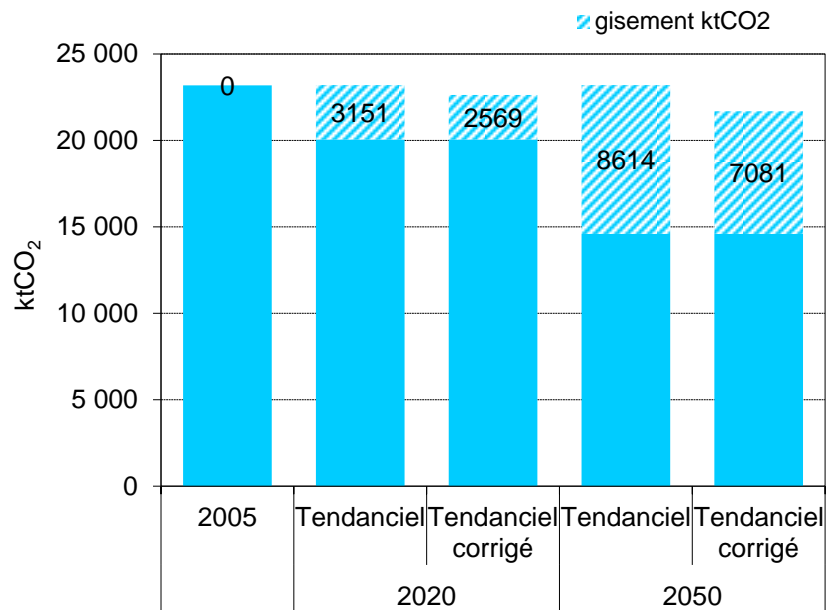
Pour les années 2020 et 2050, la partie hachurée montre le potentiel d'économie possible (il est estimé en faisant la différence entre chacun des scénarios et le scénario « S\_gisement »).

Figure 23 – Consommation d'énergie des scénarios avec leur potentiel d'économies - Industrie NPDC



Source : E&E

Figure 24 – Emissions de GES des scénarios avec leur potentiel d'économies - Industrie NPDC



Source : E&E

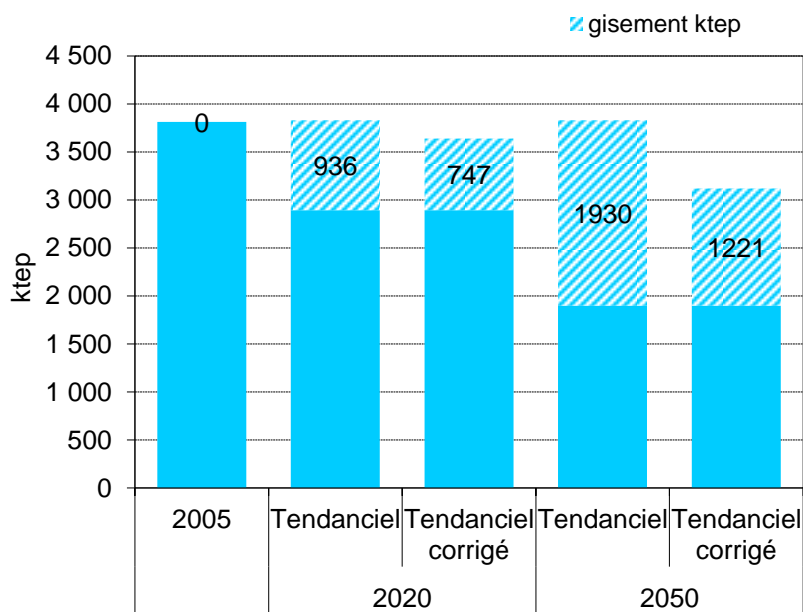
Tableau 6 – gisements d'économies d'énergie et de CO2 – Industrie (Hors sidérurgie) NPDC

		2005	2020	2050
<b>Tendanciel</b>				
Combustible	ktep	2563	2570	2570
Vapeur	ktep	121	122	122
Electricité	ktep	1267	1277	1277
Total*	ktep	3812	3830	3830
Emissions GES	ktCO2	9206	9236	9236
<b>Tendanciel corrigé</b>				
Combustible	ktep	2563	2445	2297
Vapeur	ktep	121	122	122
Electricité	ktep	1267	1205	833
Total*	ktep	3812	3640	3121
Emissions GES	ktCO2	9206	8675	7745
<b>S_Gisement</b>				
Combustible	ktep	2563	1768	1124
Vapeur	ktep	121	150	228
Electricité	ktep	1267	1106	679
Total*	ktep	3813	2893	1900
Emissions GES	ktCO2	9206	6459	4889
<b>Gisement d'économies d'énergie</b>				
Potentiel min	ktep	0	747	1221
			21%	39%
	ktCO2	0	2217	2856
			26%	37%
Potentiel max	ktep	0	936	1930
			24%	50%
	ktCO2	0	2777	4347
			30%	47%

\*la différence entre "Total" et combustible+vapeur+électricité correspond à l'autoproduction d'électricité

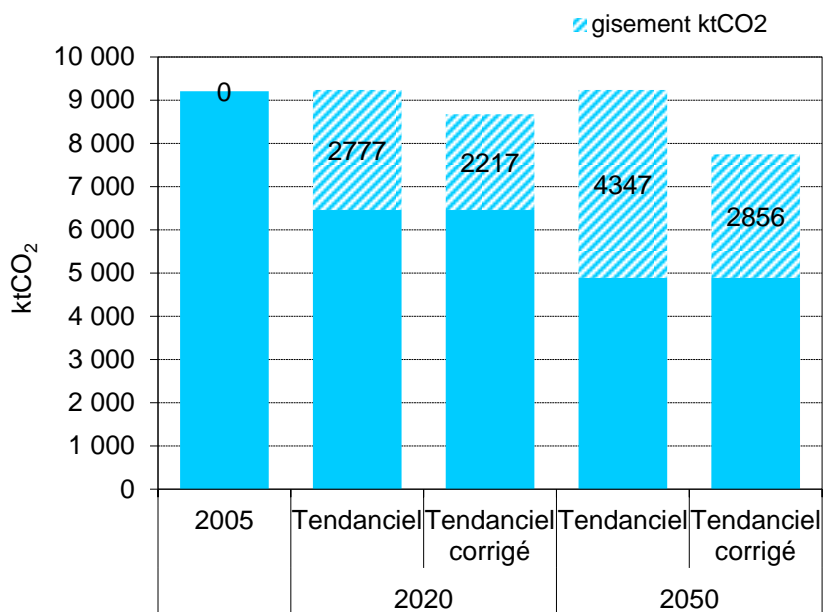
Source : E&E

**Figure 25 – Consommation d'énergie des scénarios avec leur potentiel d'économies – Industrie (Hors sidérurgie) NPDC**



Source : E&E

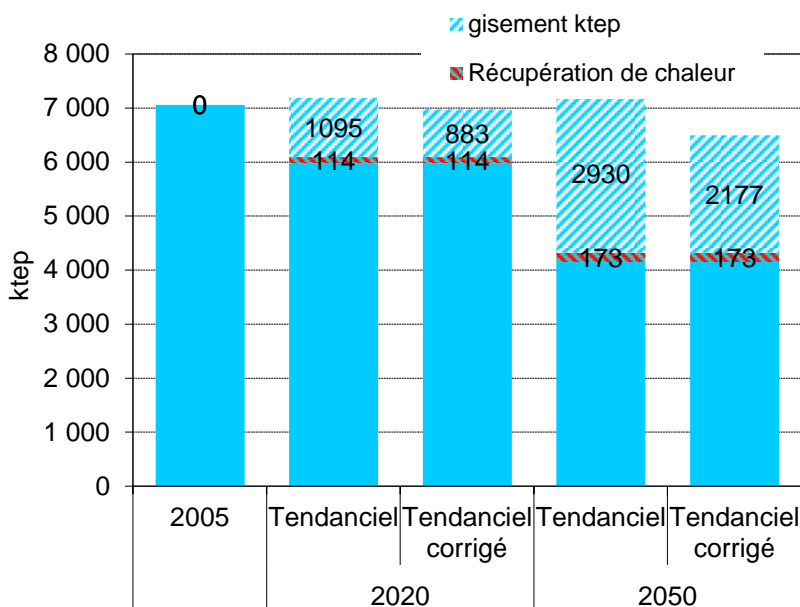
**Figure 26 – Emissions de GES des scénarios avec leur potentiel d'économies - Industrie (Hors sidérurgie) NPDC**



Source : E&E

D'autre part, si l'on attribue intégralement l'énergie récupérée pour les réseaux au secteur industriel, les gains sont augmentés d'autant :

Figure 27 – Consommation d'énergie des scénarios avec leur potentiel d'économies – Industrie NPDC



Source : E&E

## IV.5. Résultats par secteur

Dans ce chapitre, les secteurs industriels sont présentés par ordre décroissant de consommation d'énergie.

### IV.5.a. Sidérurgie

#### ► Description et évolution du secteur

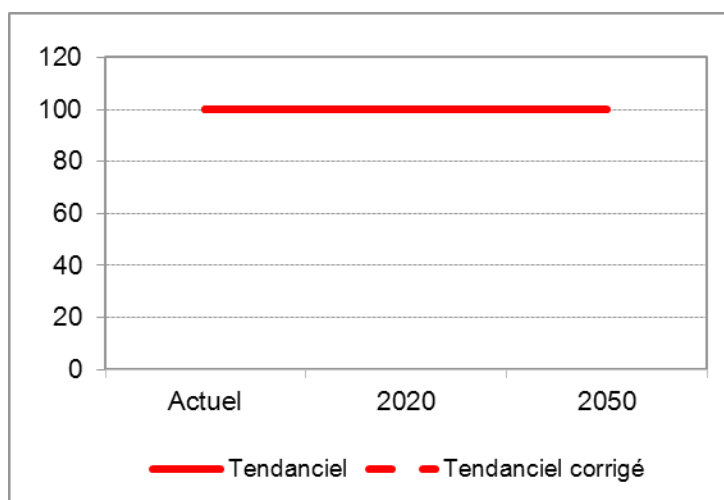
Cette industrie se sépare principalement en deux :

- Production d'acier par haut fourneaux (à partir principalement de minerais et coke de charbon)
- Recyclage de ferraille et première transformation de l'acier (fours électriques)

La première activité, malgré une optimisation énergétique importante (récupération de gaz sidérurgique, récupération d'énergie...) représente environ 50% de la consommation d'énergie finale, et 30% des émissions de CO<sub>2</sub> de la région pour son seul site de Dunkerque.

Les projections (Etude FONDDRI) montrent une consommation d'acier stable en Europe, et même une augmentation dans le reste du monde. Pour la présente étude, un maintien de la production est conforme avec l'idée de non délocalisation des procédés émetteurs. L'étude des gisements envisagera des possibilités accrues de recyclages et, bien sûr, l'amélioration ou la transformation des procédés.

Figure 28 – Evolution de la production - Sidérurgie



Source : Mittal - Autre source, DGEMP 2007<sup>10</sup> par Enerdata (à l'horizon 2030).

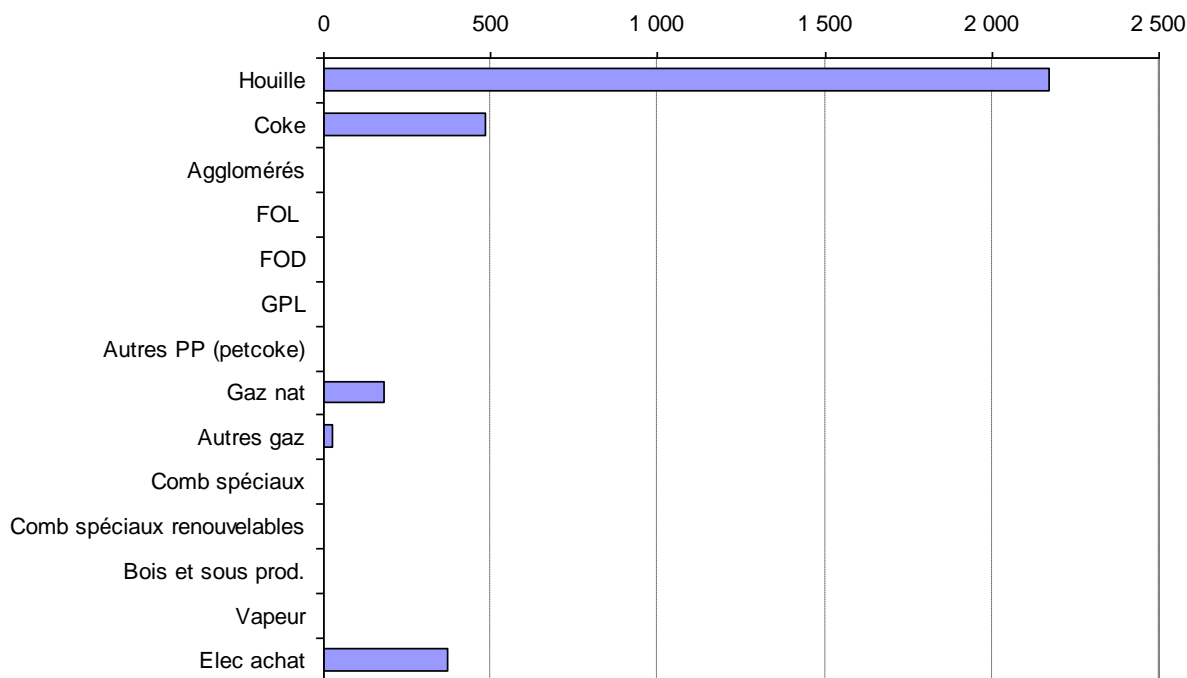
Pour le scénario « Gisement », nous considérons une augmentation du recyclage. Virage-énergie Nord-Pas de Calais dans son étude<sup>11</sup>, avait considéré une augmentation de recyclage de 16 points (passage de 64% à 80%, au niveau national). Cette évolution rapportée à la production d'acier primaire dans la région représente un transfert d'environ 0,9 Mt d'acier primaire vers le recyclage (aciérie électrique), soit un transfert d'environ 15% de la production d'acier primaire vers de l'acier recyclé.

<sup>10</sup> « Quantification du Scénario Grenelle à l'horizon 2020/2030 », Enerdata, 26/11/2008

<sup>11</sup> « Energies d'avenir en Nord-Pas de Calais », Virage-énergie NPDC, Janvier 2008

## ► Profil énergétique

Figure 29 – Consommation par type d'énergie – Sidérurgie - 2005



Source : SESSI

La spécificité du secteur est que la plus grande part d'énergie est utilisée en tant que matière première. Le charbon (ici de la houille) est transformé en coke (concentré carbone) avant d'être mélangé au minerai de fer. Le mélange entre en réaction de réduction dans le haut fourneau, pour former la fonte, matière première aux divers alliages d'acier.

Pour l'électricité, on trouve une forte part d'usage en moteur. Cette industrie lourde utilise beaucoup de ventilateurs, concasseurs, convoyeurs... On trouve également un usage thermique important dans les aciéries électriques (recyclage de ferraille, réalisation d'alliage d'acier...).

## ► Economies d'énergie

Court terme :

Pour l'acier primaire, sur le court terme, il ne semble pas qu'il y ait des possibilités d'amélioration des performances du procédé lui-même. Seules les améliorations sur les opérations transverses sont prises en compte.

Pour le recyclage des ferrailles : Les meilleures technologies actuellement en service consomment  $0,47 \text{ MWh/t}_{\text{acier}}$ <sup>12</sup>. Ces performances peuvent même être dès aujourd'hui abaissées de  $0,4 \text{ MWh/t}_{\text{acier}}$  en utilisant un préchauffeur. D'après les données Norener, il semble que les performances régionales soient proches de  $0,7 \text{ MWh/t}_{\text{acier}}$ . Un gain de plus de 50% semble donc accessible. Le gisement considéré est limité à 40%, étant donné que la consommation dépend également de la qualité des ferrailles traitées (les meilleures performances actuelles correspondent à des aciéries traitant des ferrailles de très bonne qualité, si l'on envisage d'augmenter le recyclage, il faudra sans doute aller chercher dans les ferrailles de moins bonne qualité). Pour l'horizon 2020, on retient un gain de 20% atteignable, le reste pour 2050.

<sup>12</sup> "World Best Practice Energy Intensity Values for Selected Industrial Sectors », Worrell Ecofys, 2007, p15



Long terme :

Pour l'acier primaire : Des technologies sont en cours de développement<sup>13</sup> :

- **Top Gas Recycling (TGR) Blast Furnace – Recirculation des gaz de haut-fourneau**

Dans cette solution, les gaz de haut-fourneau actuellement valorisés énergétiquement (ex : centrale électrique de DK6 à Dunkerque) seraient réintroduits dans le haut-fourneau en tant qu'agent réducteur. La quantité de coke de charbon nécessaire à la réduction du minerai de fer diminue, entraînant par la même occasion la réduction d'émissions de CO<sub>2</sub>.

Afin de permettre la capture du CO<sub>2</sub>, on peut également substituer l'air chaud injecté dans le four par de l'oxygène, afin d'avoir directement des fumées concentrées en CO<sub>2</sub> (sans di-azote, naturellement présent dans l'air).

Du strict point de vue énergétique, le recyclage des gaz n'apporte pas de réduction de consommation d'énergie puisque le gain sur le réducteur (le coke) est compensé par la consommation électrique nécessaire au traitement des gaz de recirculation<sup>14</sup>.

- **Réduction directe au gaz naturel**

Solution déjà utilisée aujourd'hui lorsque le gaz naturel est disponible et bon marché, elle permet une réduction de presque 50% des émissions de CO<sub>2</sub>. Elle nécessite une qualité de minerai supérieure. ULCOS propose des solutions pour réduire la consommation de gaz naturel. Pas retenu pour cette étude, car la région comme la France ne possède pas de gisement de gaz naturel.

- **Technologie HISarna**

Cette technologie fait appel au procédé de bain de fusion. Elle n'utilise plus de coke, mais directement du charbon mais en bien moins grande quantité par rapport au haut-fourneau. Cette technologie permet également une modularité du réducteur, en substituant partiellement du charbon par de la biomasse, du gaz naturel ou même de l'hydrogène.

Un pilote de 60000T/an a été démarré à l'été 2010 aux Pays-Bas, une unité commerciale est visée pour 2017<sup>15</sup>. Le gain énergétique est de 20%.

- **L'électrolyse**

Grâce au passage d'un courant électrique dans un bain aqueux de minerai de fer, le procédé produit du fer et de l'oxygène. La production se fait donc sans émissions directes de CO<sub>2</sub>, excepté celles de l'électricité. Cette technologie est la moins mature (stade expérimental) mais beaucoup d'éléments permettent de prédire un bel avenir à cette technologie, déjà en application industrielle dans d'autres secteurs (Aluminium, Zinc...). Données de consommation encore inconnues.

- **Réduction directe par l'hydrogène**

La technologie est disponible, mais il faut pouvoir produire l'hydrogène nécessaire proprement et à moindre coût. Pas retenu pour cette étude.

- **Haut-fourneau à la biomasse ou déchets fatals**

Le charbon de bois remplace le coke dans le haut-fourneau. Si le bois est exploité de manière durable, le bilan CO<sub>2</sub> est quasi nul. De petites unités fonctionnent déjà au Brésil. Cette solution est, a priori, difficilement généralisable pour des raisons de ressources de biomasse.

Dans quelques pays (Japon, Allemagne), on injecte des plastiques usés dans le haut-fourneau afin de réduire l'utilisation de charbon. Cette solution ne peut être globale mais apporte quelques pourcents de réductions supplémentaires aux solutions actuelles.

**En conclusion, pour l'acier primaire sur le long terme on retient la technologie Hisarna qui permet une réduction de consommation d'énergie de 20%. La**

---

<sup>13</sup> Les données sont principalement issues des informations collectées sur le site : [www.ulcos.org](http://www.ulcos.org), et d'un atelier sur la sidérurgie organisé à Dunkerque en octobre 2009 par E&E Consultant.

<sup>14</sup> « A long-term view of CO<sub>2</sub> efficient manufacturing in European region », Delft, June 2010, p 37

<sup>15</sup> « A long-term view of CO<sub>2</sub> efficient manufacturing in European region », Delft, June 2010, p 32

**technologie par électrolyse, bien que très prometteuse n'est pas retenue car les performances sont encore trop difficiles à estimer.**

Pour le recyclage des ferrailles, on considère que toutes les aciéries sont équipées de la meilleure technologie actuelle, soit 40% de réduction.

► **Résultat global**

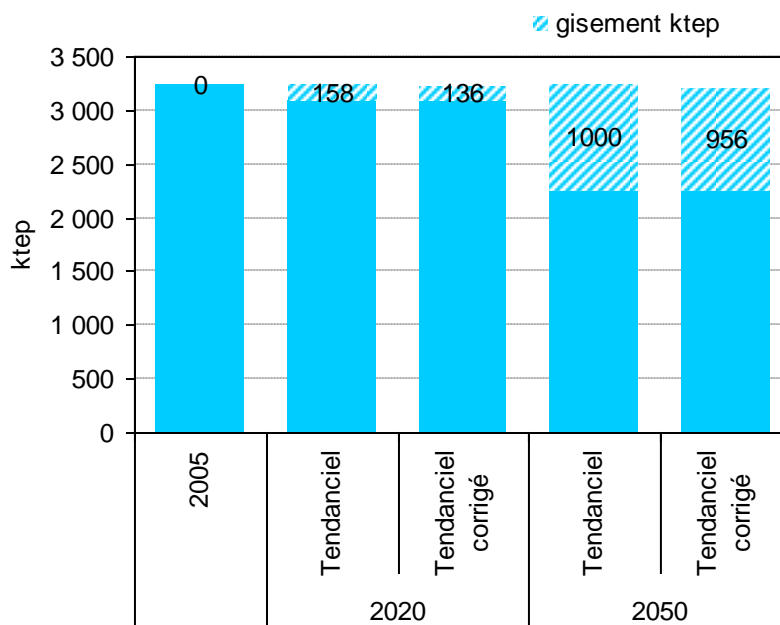
**Tableau 7 – gisements d'économies d'énergie et de CO2 – Sidérurgie**

		2005	2020	2050
<b>Tendanciel</b>				
Combustible	ktep	2874	2874	2874
Vapeur	ktep	1	1	1
Electricité	ktep	378	378	378
Total*	ktep	3245	3245	3245
Emissions GES	ktCO2	13973	13973	13973
<b>Tendanciel corrigé</b>				
Combustible	ktep	2874	2874	2874
Vapeur	ktep	1	1	1
Electricité	ktep	378	356	334
Total*	ktep	3245	3224	3202
Emissions GES	ktCO2	13973	13952	13931
<b>S_Gisement</b>				
Combustible	ktep	2874	2789	1996
Vapeur	ktep	1	5	9
Electricité	ktep	378	301	248
Total*	ktep	3245	3087	2245
Emissions GES	ktCO2	13973	13600	9707
<b>Gisement d'économies d'énergie</b>				
Potentiel min	ktep	0	136	956
			4%	30%
	ktCO2	0	352	4224
			3%	30%
Potentiel max	ktep	0	158	1000
			5%	31%
	ktCO2	0	373	4266
			3%	31%

\*la différence entre "Total" et combustible+vapeur+électricité correspond à l'autoproduction d'électricité

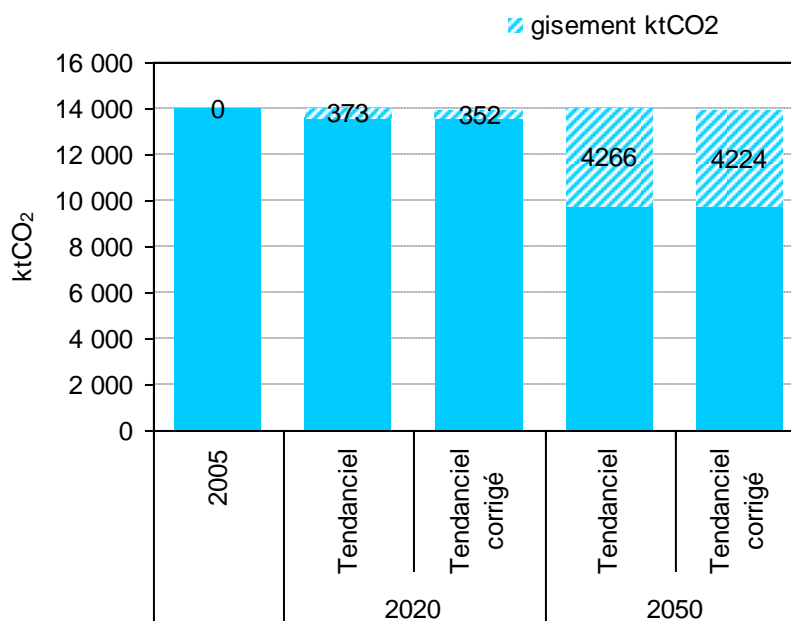
Source : E&E

Figure 30 – Consommation d'énergie des scénarios avec leur potentiel d'économies -Sidérurgie



Source : E&E

Figure 31 – Emissions de GES des scénarios avec leur potentiel d'économies - Sidérurgie



Source : E&E

## ► Potentiel de récupération de chaleur

L'usine sidérurgique d'Arcelor Mittal à Dunkerque récupère déjà aujourd'hui de la chaleur et alimente le réseau urbain (environ 50% des besoins de la ville, extension en cours). A terme on considère qu'environ 20% de l'énergie servant à la fabrication (la part matière première n'est donc pas prise en compte) peut être récupérée à la fois sur les haut-fourneaux mais aussi sur les aciéries électriques.

Tableau 8 – Potentiel de récupération d'énergie et d'utilisation d'énergie basse température – Sidérurgie

S_Gisement		2005	2020	2050
Champ d'application	ktep		404,1	347,8
% de récupération	%		5%	20%
Récupération d'énergie	ktep		20	70
Utilisation de chaleur réseau	ktep		4	8

Sources : E&E

## IV.5.b. Agroalimentaire

### ► Description et évolution du secteur

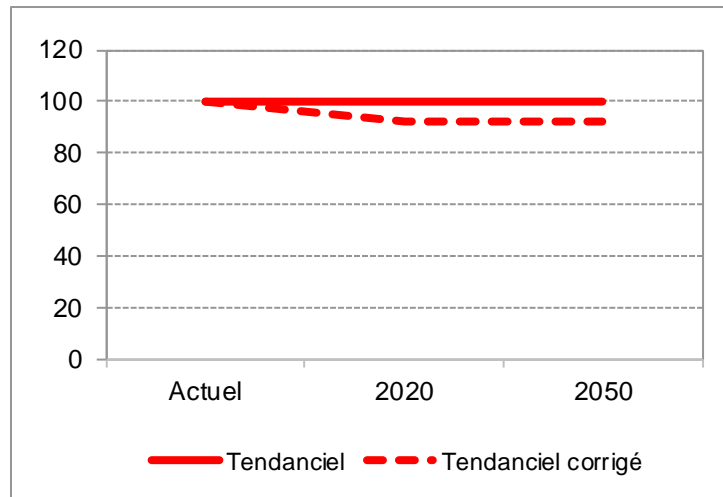
Il est intéressant de faire un parallèle entre le secteur agro-alimentaire dans son périmètre classique et le secteur « nutrition santé », ce que fait le rapport DREAL Enjeux 2009. Les chiffres d'affaire mais aussi l'emploi sont alors comparables, pour deux secteurs dont les valeurs ajoutées sont très différentes.

L'évolution décrite suggère une industrie dont la valeur ajoutée augmente fortement, mais dont les productions matérielles ne croissent pas autant.

En partant des données NORENER disponibles sur les consommations d'énergie, on distinguera trois segments de l'industrie : sucreries, brasseries, autres industries » :

- La production sucrière baisse notamment en raison de la réforme de la PAC (2013), mais aussi en raison d'une concurrence accrue de pays se développant : des pays comme le Brésil modernise leurs usines qui rivalisent avec les usines européennes, ainsi, bénéficiant de 3 récoltes annuelles au lieu d'une seule chez nous, même sans prendre en compte la différence de coût de main d'œuvre, la concurrence va être de plus en plus dure. Difficile dans ses conditions de justifier d'une industrie exportatrice. On retient une division par 2 de la production de sucre à l'horizon 2020 pour le scénario « tendanciel corrigé ».
- La brasserie conserve sa part de marché en volume
- Le reste de l'industrie agro-alimentaire connaît des évolutions diversifiées entre les productions non alimentaires en croissance, les productions laitières en stagnation, et les autres productions stables en volume (mais en croissance en terme de chiffre d'affaires).

Figure 32 – Evolution de la production - Agroalimentaire

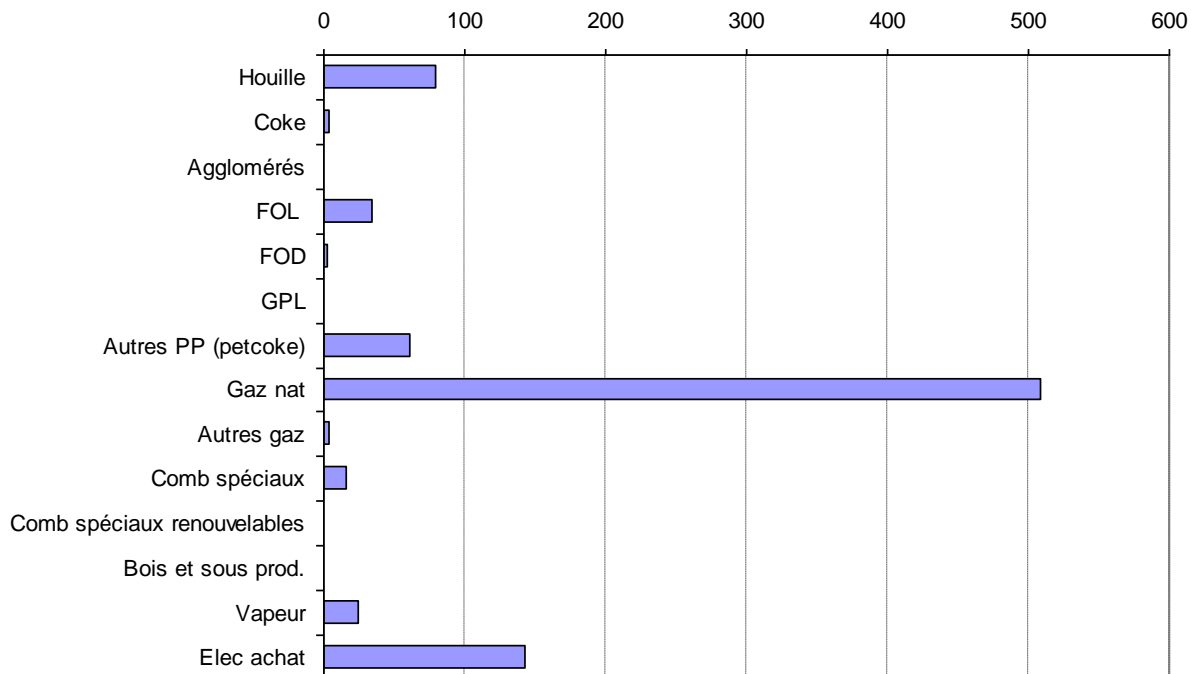


Source : E&E

La baisse de production sucrière entraîne une baisse de 8% des besoins (en se basant sur les consommations énergétiques). La production de biocarburants n'est pas considérée, car les co-produits sont alors en principe valorisés pour assurer aux unités un bilan positif en énergie.

### ► Profil énergétique

Figure 33 – Consommation par type d'énergie – Agroalimentaire - 2005



Source : SESSI

80% de la consommation d'énergie se fait sous forme combustible, avec une prépondérance pour le gaz naturel. Plus de 60% de l'énergie est du combustible utilisé pour la fabrication (chauffage, cuisson).

A noter que cette industrie est la plus concernée par les valorisations de la biomasse et des déchets, ce volet ENR n'est pas développé dans la présente étude.

### ► Economies d'énergie

Pour les brasseries, la moyenne mesurée avec les données NORENER (4 brasseries, les plus grandes parmi la soixantaine d'unités existantes) montre que les énergies spécifiques de brassage sont dans la moyenne : 130 MJ/hl. La fourchette de consommation unitaire actuelle européenne est de 100 à 200 MJ/hl<sup>16</sup>. Néanmoins, il reste des potentiels d'économie d'énergie en mettant en place des systèmes de récupération d'énergie (refroidissement du moût...) pour atteindre la fourchette basse. On considère que la moitié du gain est atteint d'ici 2020 (15% sur usage fabrication), le reste pour 2050 (30%).

- Sucreries : on considère une fermeture des sucreries d'ici 2020.

Le reste de l'agroalimentaire : L'agro-alimentaire a des besoins en chaleur basse température pour le chauffage de fluides, la cuisson, le séchage. Une chasse aux pertes d'une part, et une récupération de la chaleur sur les effluents peuvent permettre de baisser les consommations d'énergie de l'usage fabrication de 20%. Le recours à la technologie de la Compression Mécanique de Vapeur (CMV) ainsi que des pompes à chaleur, peut aussi apporter un gain d'énergie, même primaire. Ces éléments sont difficiles à chiffrer précisément pour la région, mais on peut néanmoins considérer que 20% des usages « fabrication » des combustibles peut être transféré sur l'électricité par de la CMV<sup>17</sup>.

#### *Court terme :*

- Brasseries : 15% sur l'usage fabrication
- Reste des IAA : 10% sur l'usage fabrication et 10% de transfert vers CMV (électricité, force motrice)
- Cogénération : 10%

#### *Long terme :*

- Brasseries : 30% sur l'usage fabrication
- Reste des IAA : 20% sur l'usage fabrication et 20% de transfert vers CMV (électricité, force motrice)
- Cogénération : 20%

### ► Résultat global

---

<sup>16</sup> BREF Agroalimentaire, « Document de référence sur les meilleures techniques disponibles dans Alimentaires des boissons et laitières », Commission européenne, 2001, p 225

<sup>17</sup> D'après : « Le bon usage de l'électricité », Global Chance, cahier N°27, 2010, p51

Au niveau français la CMV peut se substituer à environ 6TWh de combustible dans les industries d'agro alimentaire (IAA), soit 20% des usages « fabrication » des combustibles de l'IAA nationale.

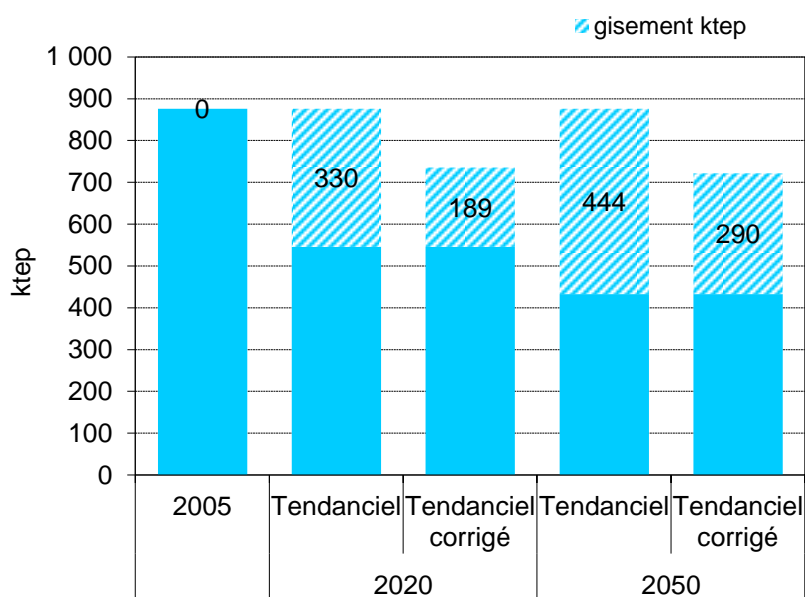
Tableau 9 – gisements d'économies d'énergie et de CO2 - Agroalimentaire

		2005	2020	2050
<b>Tendanciel</b>				
Combustible	ktep	710	710	710
Vapeur	ktep	25	25	25
Electricité	ktep	212	212	212
Total*	ktep	876	876	876
Emissions GES	ktCO2	2522	2522	2522
<b>Tendanciel corrigé</b>				
Combustible	ktep	710	584	584
Vapeur	ktep	25	25	25
Electricité	ktep	212	188	174
Total*	ktep	876	736	722
Emissions GES	ktCO2	2522	2008	1995
<b>S_Gisement</b>				
Combustible	ktep	710	408	314
Vapeur	ktep	25	27	38
Electricité	ktep	212	173	142
Total*	ktep	877	546	433
Emissions GES	ktCO2	2522	1515	1384
<b>Gisement d'économies d'énergie</b>				
Potentiel min	ktep	0	189	290
			26%	40%
	ktCO2	0	493	610
			25%	31%
Potentiel max	ktep	0	330	444
			38%	51%
	ktCO2	0	1006	1137
			40%	45%

\*la différence entre "Total" et combustible+vapeur+électricité correspond à l'autoproduction d'électricité

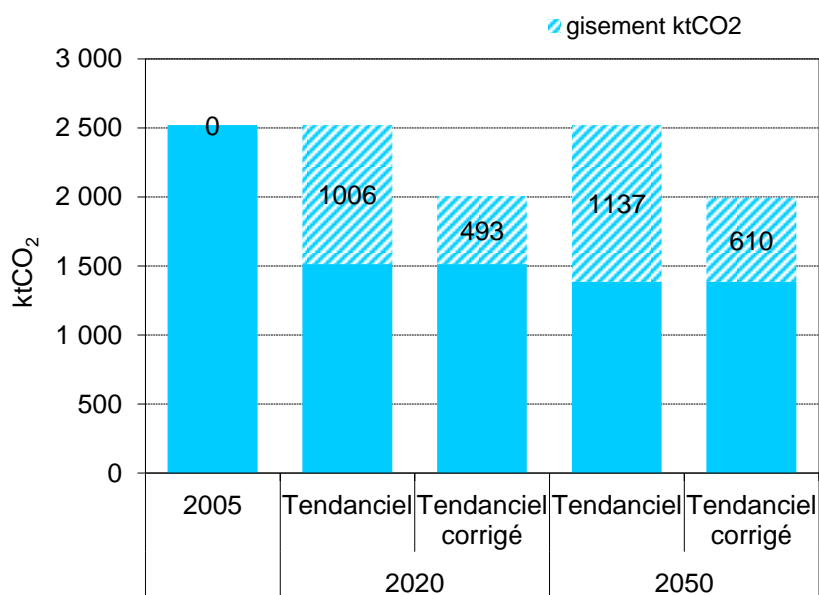


Figure 34 – Consommation d'énergie des scénarios avec leur potentiel d'économies - Agroalimentaire



Source : E&E

Figure 35 – Emissions de GES des scénarios avec leur potentiel d'économies - Agroalimentaire



Source : E&E

### ► Potentiel de récupération de chaleur

En agroalimentaire les usages de chaleur se font majoritairement à faible température (voir Figure 19), les possibilités de récupération directes ne sont sans doute pas très élevées, bien que le fait que ces effluents soient majoritairement sous forme liquide rende la récupération de chaleur plus économique à mettre en œuvre (échangeurs de chaleur plus compacts).

Par contre l'utilisation de chaleur basse température a un bon potentiel dans ce secteur, avec une possibilité d'utiliser des pompes à chaleurs dans des bonnes conditions (faibles différences de températures, donc bons coefficients de performance)

On retient à terme une récupération de 5% en 2020 et 10% en 2050 ce qui est sans doute un minimum.

**Tableau 10 – Potentiel de récupération d'énergie et d'utilisation d'énergie basse température – Agroalimentaire**

S_Gisement		2005	2020	2050
Champ d'application	ktep		391,2	306,5
% de récupération			5%	10%
Récupération d'énergie	ktep		20	31
Utilisation de chaleur réseau	ktep		7	15

Sources : E&E

#### IV.5.c. Chimie

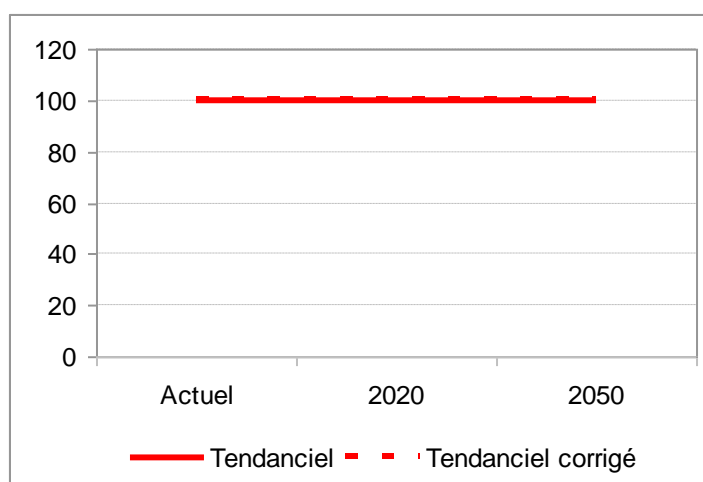
##### ► Description et évolution du secteur

Au niveau national, la chimie procède de tendances contradictoires, avec notamment la baisse de la production d'ammoniac, le développement des gaz industriels, et une progression de la chimie organique avant tout en valeur et peu en volume.

Dans le scénario tendanciel de la DGEMP de 2008 et destiné à l'AIE, la chimie reste constante, de même que dans le scénario Enerdata pour la DGEMP réalisé pour le Grenelle.

En région Nord-Pas-de-Calais, les fermetures d'unité peuvent avoir une incidence majeure. Nous avons considéré que les unités sont conservées, en particulier le vapo-craqueur de Dunkerque (Polimeri).

**Figure 36 – Evolution de la production - Chimie**

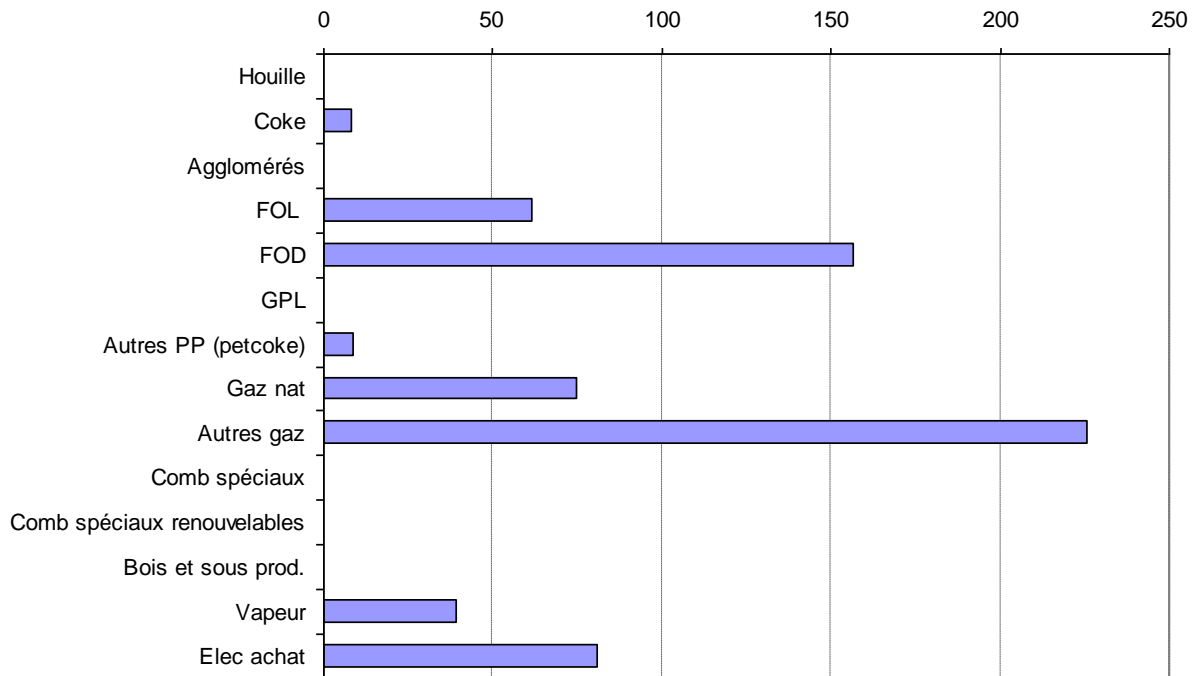


Source : E&E

A noter que certains classements placent Roquette Industrie, l'importante unité de produits issus de l'amidon située à Lestrem (62), dans la chimie, même si formellement il s'agit d'agro-alimentaire.

## ► Profil énergétique

Figure 37 – Consommation par type d'énergie – Chimie- 2005



Source : SESSI

La chimie utilise une diversité de combustibles, des combustibles classiques (fioul et gaz), mais aussi d'autres types : naphta, hydrogène, méthane.

Près de 50% de l'énergie est considérée comme matière première. Il reste une faible part de consommation électrique. On remarque également une part d'autoproduction d'électricité.

La production d'éthylène est traitée à part car elle représente environ la moitié de la consommation de produits énergétiques.

## ► Economies d'énergie

*Court terme :*

- Sur le court terme, il ne semble pas qu'il y ait des possibilités d'amélioration des performances du procédé lui-même. Seules les améliorations sur les opérations transverses sont prises en compte.
- Sur l'usage autoproduction, un gain de 10% est considéré.

*Long terme :*

- Pour la production d'éthylène, des solutions très prometteuses sont à des stades de développement plus ou moins avancés<sup>18</sup> (réacteur à onde de choc, craquage par catalyse, hydro-pyrolyse) : les gains peuvent aller de 40 à 60%. La fourchette basse est retenue pour l'étude (40%).

<sup>18</sup> "World Best Practice Energy Intensity Values for Selected Industrial Sectors", Worrell Ecofys, 2007, p44.

- Pour le reste, en plus des gains dans les secteurs transverses, on retient un gain de 15% sur les consommations électriques<sup>19</sup>.
- D'autre part, des gains importants sont également possible sur les opérations de chauffage et de concentration, en utilisant respectivement des réacteurs à induction (gains de 45 à 60%) et surtout la compression mécanique de vapeur (gains de 75 à 85%)<sup>20</sup>. Ces deux conversions nécessitent une conversion de combustibles à l'électricité. On retient que :
  - 5% des usages combustibles en fabrication sont remplacés par des technologies de réacteur à induction (50% de gains)
  - 10% des usages combustibles en fabrication sont remplacés par des technologies de compression mécanique de vapeur (80% de gains)

## ▶ Résultat global

**Tableau 11 – gisements d'économies d'énergie et de CO2 - Chimie**

		2005	2020	2050
<b>Tendanciel</b>				
Combustible	ktep	535	535	535
Vapeur	ktep	39	39	39
Electricité	ktep	85	85	85
Total*	ktep	655	655	655
Emissions GES	ktCO2	1278	1278	1278
<b>Tendanciel corrigé</b>				
Combustible	ktep	535	535	535
Vapeur	ktep	39	39	39
Electricité	ktep	85	79	73
Total*	ktep	655	649	643
Emissions GES	ktCO2	1278	1272	1267
<b>S_Gisement</b>				
Combustible	ktep	535	526	440
Vapeur	ktep	39	25	41
Electricité	ktep	85	69	57
Total*	ktep	655	616	534
Emissions GES	ktCO2	1278	1117	1203
<b>Gisement d'économies d'énergie</b>				
Potentiel min	ktep	0	33	110
			5%	17%
	ktCO2	0	156	63
			12%	5%
Potentiel max	ktep	0	39	122
			6%	19%
	ktCO2	0	161	75
			13%	6%

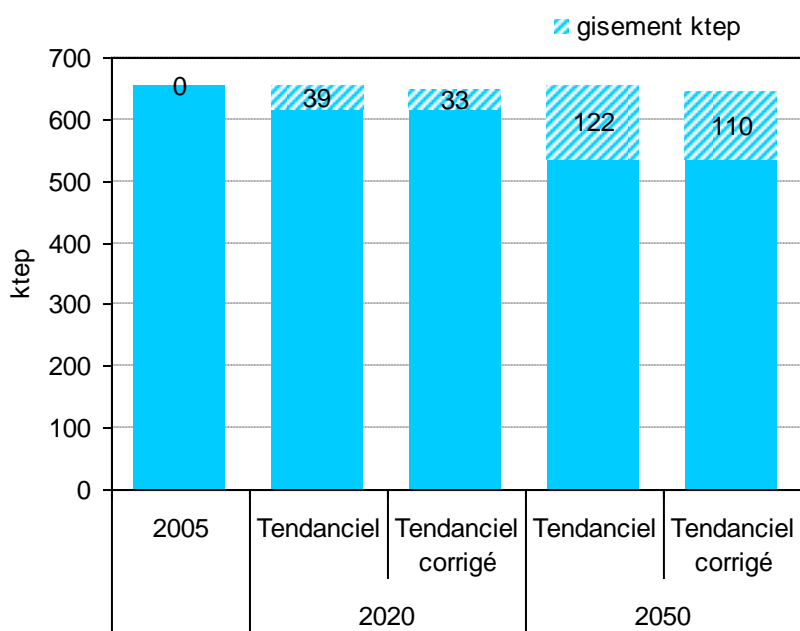
\*la différence entre "Total" et combustible+vapeur+électricité correspond à l'autoproduction d'électricité

<sup>19</sup> "Le bon usage de l'électricité", Global Chance, cahier N°27, 2010, p50

Un gain de 1TWh sur une consommation de 7TWh a été retenu à l'échelle française, nous retenons le même ratio pour le NPDC.

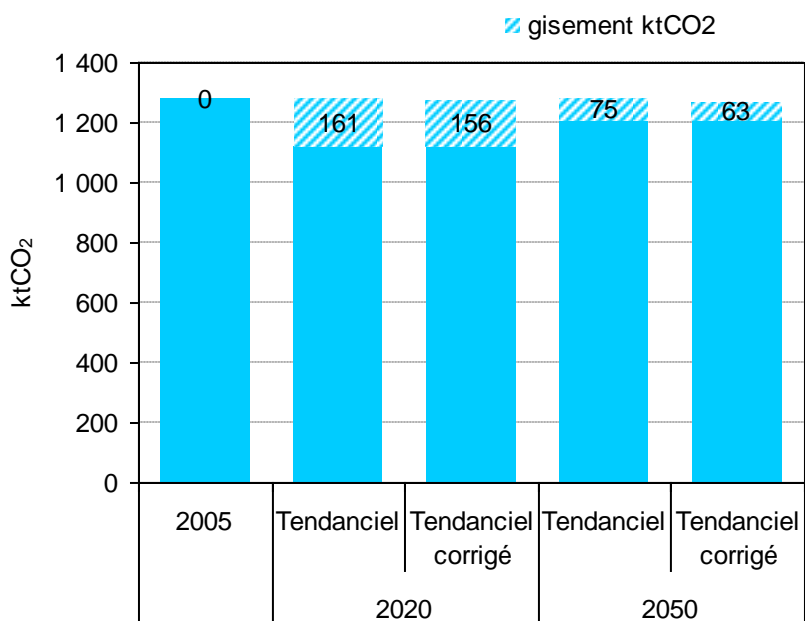
<sup>20</sup> bon usage de l'électricité", Global Chance, cahier N°27, 2010, p51

Figure 38 – Consommation d'énergie des scénarios avec leur potentiel d'économies - Chimie



Source : E&E

Figure 39 – Emissions de GES des scénarios avec leur potentiel d'économies – Chimie



Source : E&E

► **Potentiel de récupération de chaleur**

On retient un potentiel de récupération de 10% à l'horizon 2050.

**Tableau 12 – Potentiel de récupération d'énergie et d'utilisation d'énergie basse température – Chimie**

S_Gisement		2005	2020	2050
Champ d'application	ktep		213,3	134,4
% de récupération			5%	10%
Récupération d'énergie	ktep		11	13
Utilisation de chaleur réseau	ktep		2	3

Sources : E&E

#### IV.5.d. Métallurgie des non-ferreux

##### ► Description et évolution du secteur

L'industrie des non ferreux du Nord Pas de Calais, depuis la fermeture de Paris-Outreau (manganèse) et de la production de Métalleurop (plomb-zinc) est dominée par la production d'aluminium primaire à Dunkerque.

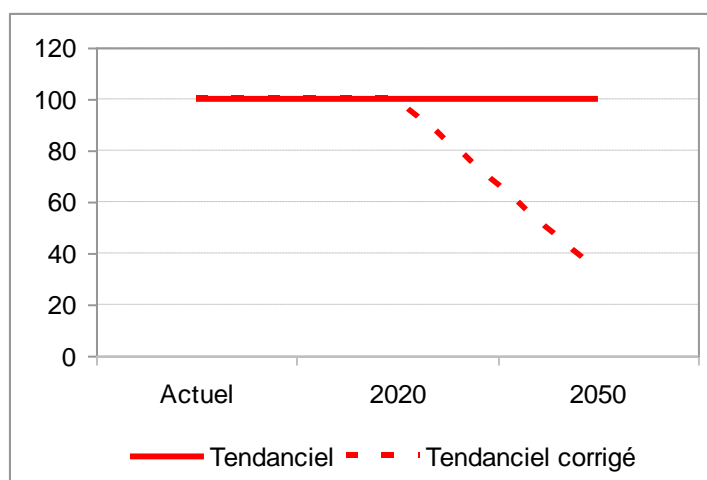
Ce secteur pose des questions particulières car il est dépendant d'un approvisionnement bon marché en énergie. L'installation de l'unité nordiste était elle-même le résultat d'une délocalisation et d'un regroupement d'unités plus petites depuis les Alpes, et d'un montage financier permettant à EDF d'écouler sa production excédentaire durant les années 90. La pérennité de cette unité est donc à la fois une question de marchés extérieurs et une question de prix de l'énergie.

La substitution de l'aluminium en lieu et place de l'acier ou d'autres matériaux n'est plus vraiment à l'ordre du jour. Les matériaux composites et les plastiques thermoplastiques moulés ont actuellement le vent en poupe dans l'automobile. De même, l'acier résiste dans la construction. L'une des études les plus prospectives, la projection FONDDRI, prend par exemple l'hypothèse que l'aluminium ne prend pas la place de l'acier.

Une hypothèse de maintien de l'aluminium est donc assez faible. Ainsi, la dernière projection de RTE prévoit « la disparition de la majorité des sites de production d'aluminium de première fusion ». C'est pourtant ce qui a été proposé pour la présente étude, dans l'esprit du scénario de « tendance » qui conserve les quantités produites par l'industrie régionale.

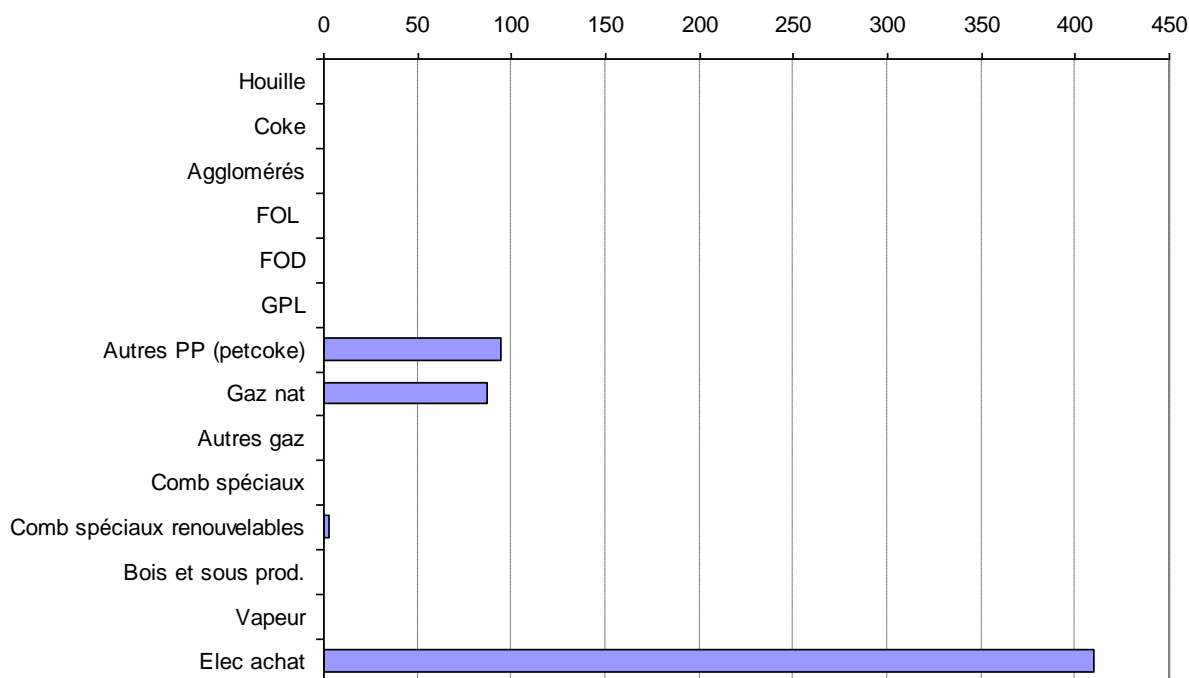
Dans le scénario « tendanciel corrigé », la production d'aluminium primaire n'existe plus en 2050.

**Figure 40 – Evolution de la production - Métallurgie**



## ► Profil énergétique

Figure 41 – Consommation par type d'énergie – Métallurgie- 2005



Source : SESSI

Les deux tiers de l'énergie du secteur sont de l'électricité, dont la majorité est utilisée pour l'électrolyse dans la production d'aluminium primaire.

## ► Economies d'énergie

*Court terme :*

- Pour l'aluminium, sur le court terme, il ne semble pas qu'il y ait des possibilités d'amélioration des performances du procédé lui-même. Seules les améliorations sur les opérations transverses sont prises en compte.
- Pour le reste, on ne peut pas détailler ici chaque procédé, mais d'une manière générale, ces procédés font appel à des fours. On peut prévoir un gain de 10% sur ces usages<sup>21</sup>.

*Long terme :*

- Sur le long terme, la production d'aluminium est arrêtée, il n'y a pas de mesures d'efficacité mises en œuvre.
- Pour le reste, on ne retient pas d'autres améliorations, hors opérations transverses.

<sup>21</sup> "Le bon usage de l'électricité", Global Chance, cahier N°27, 2010, p50

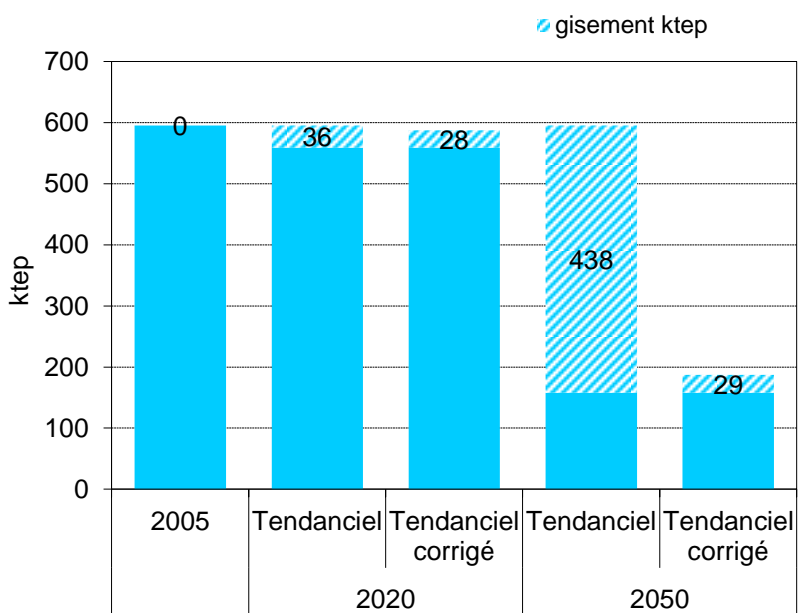
## ► Résultat global

Tableau 13 – gisements d'économies d'énergie et de CO2 - Métallurgie

		2005	2020	2050
<b>Tendanciel</b>				
Combustible	ktep	186	186	186
Vapeur	ktep	0	0	0
Electricité	ktep	410	410	410
Total*	ktep	596	596	596
Emissions GES	ktCO2	1046	1046	1046
<b>Tendanciel corrigé</b>				
Combustible	ktep	186	186	99
Vapeur	ktep	0	0	0
Electricité	ktep	410	402	88
Total*	ktep	596	588	187
Emissions GES	ktCO2	1046	1039	393
<b>S Gisement</b>				
Combustible	ktep	186	174	88
Vapeur	ktep	0	2	2
Electricité	ktep	410	384	68
Total*	ktep	596	560	158
Emissions GES	ktCO2	1046	985	344
<b>Gisement d'économies d'énergie</b>				
Potentiel min	ktep	0	28	29
			5%	15%
	ktCO2	0	53	49
			5%	13%
Potentiel max	ktep	0	36	438
			6%	73%
	ktCO2	0	61	702
			6%	67%

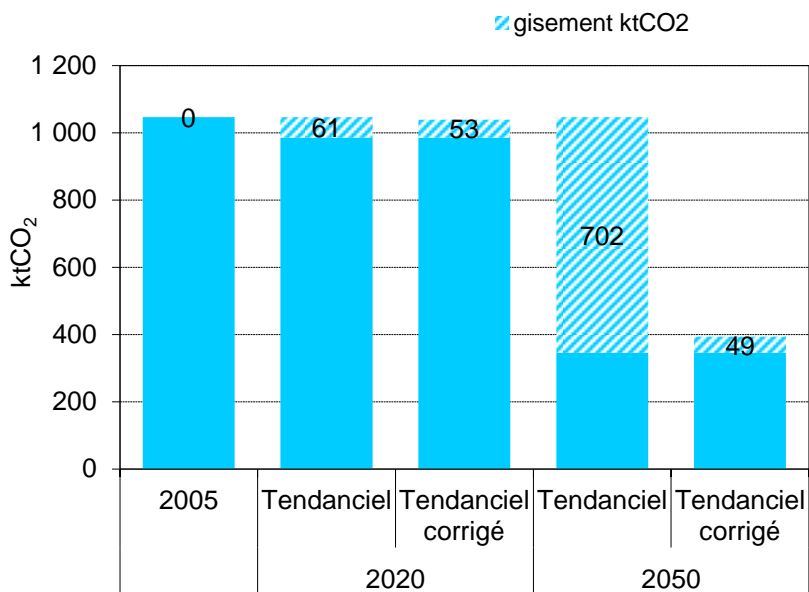


Figure 42 – Consommation d'énergie des scénarios avec leur potentiel d'économies - Métallurgie



Source : E&E

Figure 43 – Emissions de GES des scénarios avec leur potentiel d'économies – Métallurgie Non ferreux



Source : E&E

### ► Potentiel de récupération de chaleur

Etant donné les faibles améliorations prises en compte sur le procédé, on retient un potentiel de récupération d'énergie plus élevé : 20% à l'horizon 2050.

**Tableau 14 – Potentiel de récupération d'énergie et d'utilisation d'énergie basse température – Métallurgie**

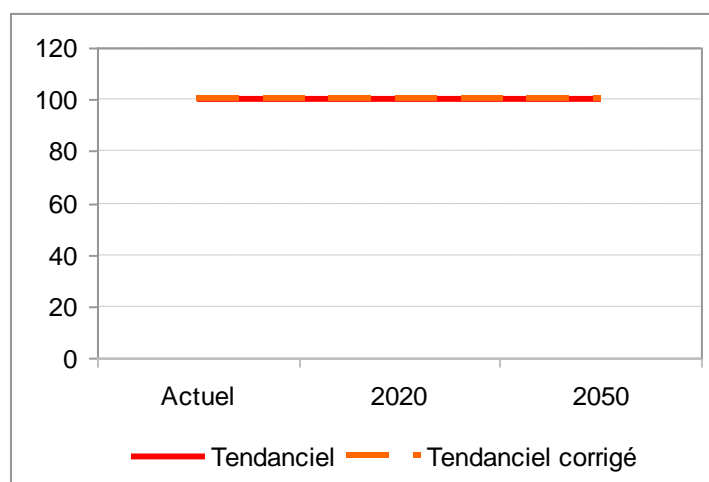
S_Gisement		2005	2020	2050
Champ d'application	ktep		80,4	53,1
% de récupération			10%	20%
Récupération d'énergie	ktep		8	11
Utilisation de chaleur réseau	ktep		2	2

Sources : E&E

#### IV.5.e. Papier Carton

##### ► Description et évolution du secteur

**Figure 44 – Evolution de la production – Papier Carton**



Source : E&E consultant

Pâte à papier : stable ; Papier : production double en 2030 ; Carton et emballages : diminution régulière. Au global on considère une stagnation de la production.

Le scénario de la DGEMP 2008 (p.5) prévoit l'augmentation de la production de papier en raison des conflits sur l'usage du bois dans les autres pays d'Europe.

La France est importatrice nette de papier et tente alors d'améliorer ce bilan. De plus, l'industrie en Nord-Pas-de-Calais possède un fort taux de recyclage ce qui lui permet de résister dans le cas d'un scénario de tension sur la ressource (Grenelle).

##### ► Procédé et Profil énergétique

Le secteur du papier carton est assez diversifié étant donné qu'il existe un grand nombre de type de papier/carton avec des usages différents (emballage, impression, sanitaire...).

On peut néanmoins distinguer deux parties distinctes du procédé :

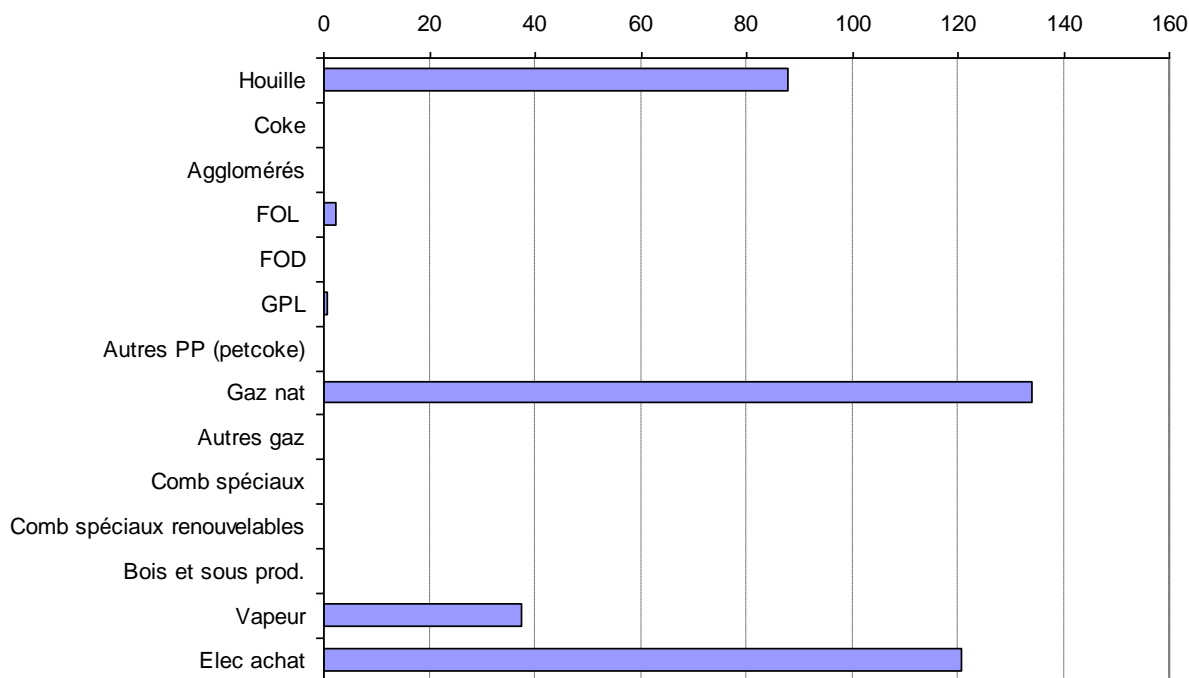
- Fabrication de la pâte
- Fabrication des feuilles

La plupart du temps ces deux procédés sont intégrés dans un même site de production. La fabrication de pâte se fait à partir de bois broyé (pâte primaire) et/ou à partir de papier recyclé

(pâte secondaire). Les procédés de fabrication des pâtes diffèrent en fonction des matières premières mais aussi de l'usage finale du papier.

L'énergie compte pour environ 13% des coûts de production.

**Figure 45 – Consommation par type d'énergie – Papier Carton- 2005**



Source : SESSI

La lecture de la Figure 16 montre que la consommation d'énergie se répartit de manière assez égale entre combustibles et électricité. A noter qu'une part importante de l'énergie est aussi apportée par la matière première (écorces, résidus de bois) ou des résidus de procédé (liqueur noire), ce qui n'apparaît pas sur les graphes. En fait la partie « production de la pâte » est autonome voire même exportatrice en énergie (export de chaleur et électricité)<sup>22</sup>.

La Figure 45 montre également une part importante de vapeur, l'industrie du papier est fortement utilisatrice de vapeur, notamment pour le séchage du papier. Cette vapeur est majoritairement produite en interne (avec en générale une production d'électricité en cogénération, voir Figure 16), mais ces achats de vapeur montrent une certaine externalisation de la production de vapeur.

### ► Economies d'énergie

*Court terme :*

Sur le court terme, en dehors des opérations transverses, il y a des gains possibles d'amélioration:

- Production d'électricité<sup>23</sup> (20% retenu, 10% pour la chaudière et 10% sur le turbogénérateur)

<sup>22</sup> « A long-term view of CO2 efficient manufacturing in European region », Delft, June 2010, p 65, Ou "BREF Industrie papetière", synthèse v1.0, Commission européenne, 2001

<sup>23</sup> "BREF Industrie papetière", synthèse v1.0, Commission européenne, 2001, p3

- Combustible, fabrication : 10%

*Long terme :*

Sur le long terme, l'opération de séchage pourrait être largement améliorée en récupérant l'énergie la chaleur latente des vapeurs d'eau sortant du sécheur. Le gain attendu est de l'ordre de 70 à 90%<sup>24</sup>. Cette technologie (Compression Mécanique de Vapeur, CMV) est déjà en œuvre dans d'autres branches industrielles.

► **Résultat global**

**Tableau 15 – gisements d'économies d'énergie et de CO2 – Papier Carton**

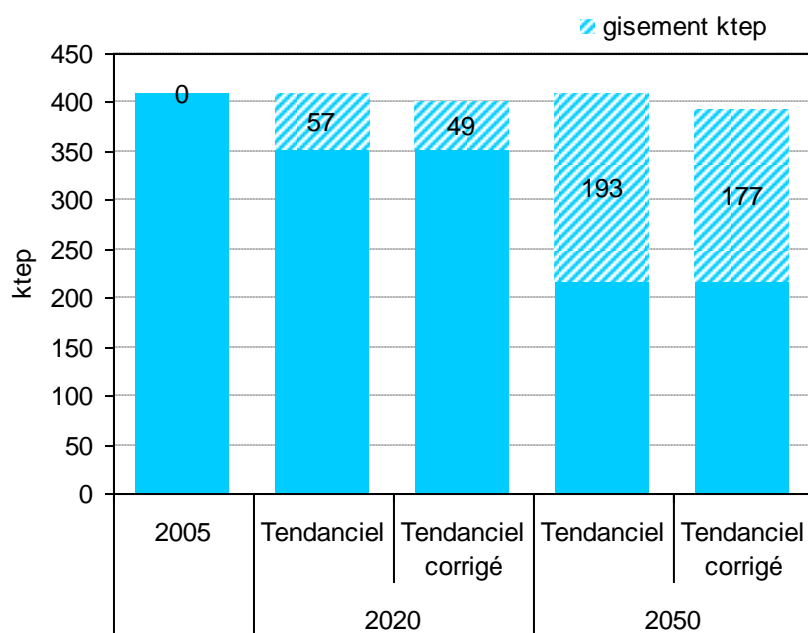
		2005	2020	2050
<b>Tendanciel</b>				
Combustible	ktep	225	225	225
Vapeur	ktep	38	38	38
Electricité	ktep	147	147	147
Total*	ktep	383	383	383
Emissions GES	ktCO2	1064	1064	1064
<b>Tendanciel corrigé</b>				
Combustible	ktep	225	225	225
Vapeur	ktep	38	38	38
Electricité	ktep	147	138	128
Total*	ktep	383	374	365
Emissions GES	ktCO2	1064	1055	1046
<b>S_Gisement</b>				
Combustible	ktep	225	188	60
Vapeur	ktep	38	40	44
Electricité	ktep	147	123	112
Total*	ktep	383	325	190
Emissions GES	ktCO2	1064	820	581
<b>Gisement d'économies d'énergie</b>				
Potentiel min	ktep	0	49	175
			13%	48%
	ktCO2	0	235	465
			22%	44%
Potentiel max	ktep	0	58	193
			15%	50%
	ktCO2	0	244	483
			23%	45%

\*la différence entre "Total" et combustible+vapeur+électricité correspond à l'autoproduction d'électricité

Sources : E&E

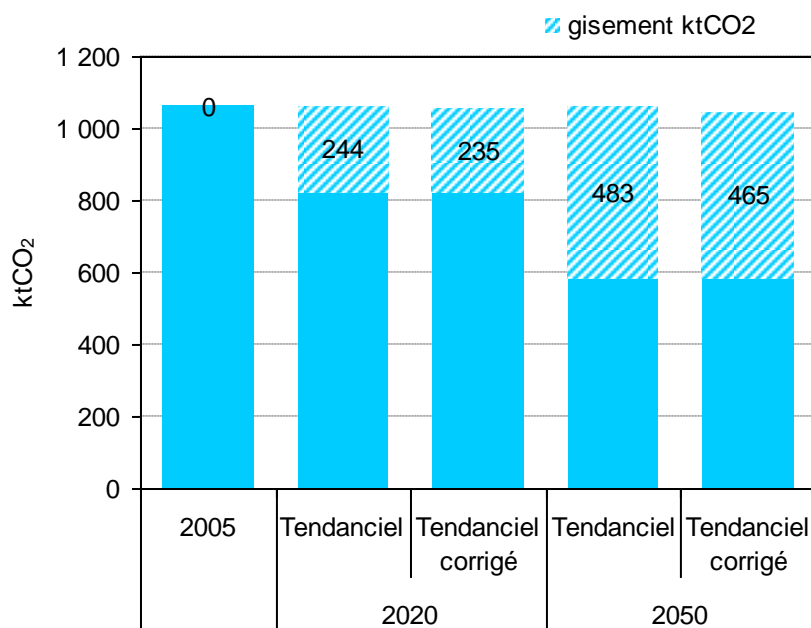
<sup>24</sup> « A long-term view of CO2 efficient manufacturing in European region », Delft, June 2010, p 69

Figure 46 – Consommation d'énergie des scénarios avec leur potentiel d'économies – Papier Carton



Source : E&E

Figure 47 – Emissions de GES des scénarios avec leur potentiel d'économies – Papier Carton



Source : E&E

### ► Potentiel de récupération de chaleur

Les usines à papier fabricant leur pâte possèdent des systèmes de cogénération (turbine vapeur à contre pression). Ces systèmes peuvent encore être améliorés.

Néanmoins, il reste encore des possibilités de récupération de chaleur secondaire pour un réseau à 80°C<sup>25</sup>. On retient 10% en 2020 et 20% en 2050 (ces pourcentages peuvent paraître élevés, mais ils s'appliquent que sur les combustibles « achetés », hors la majorité des combustibles des usines à papier sont des résidus de matières premières)

**Tableau 16 – Potentiel de récupération d'énergie et d'utilisation d'énergie basse température – Papier Carton**

<b>S_Gisement</b>		<b>2005</b>	<b>2020</b>	<b>2050</b>
Champ d'application	ktep		183,2	61,6
% de récupération			10%	20%
Récupération d'énergie	ktep		18	12
Utilisation de chaleur réseau	ktep		4	9

Sources : E&E

#### **IV.5.f. Verre**

##### **► Description et évolution du secteur**

Deux dominantes dans la région : les verres creux sont en régression avec le déclin relatif et absolu des verreries d'Arques ; les verres techniques plats de la construction et de l'automobile sont en hausse (voir par exemple le rapport DREAL Enjeux NPDC 2009<sup>26</sup> p. 228)

Longtemps le premier employeur de la région dans une seule unité, les verreries d'Arques sont en déclin du fait de la mondialisation des productions (constructions d'unités de la société à Dubaï et en Chine).

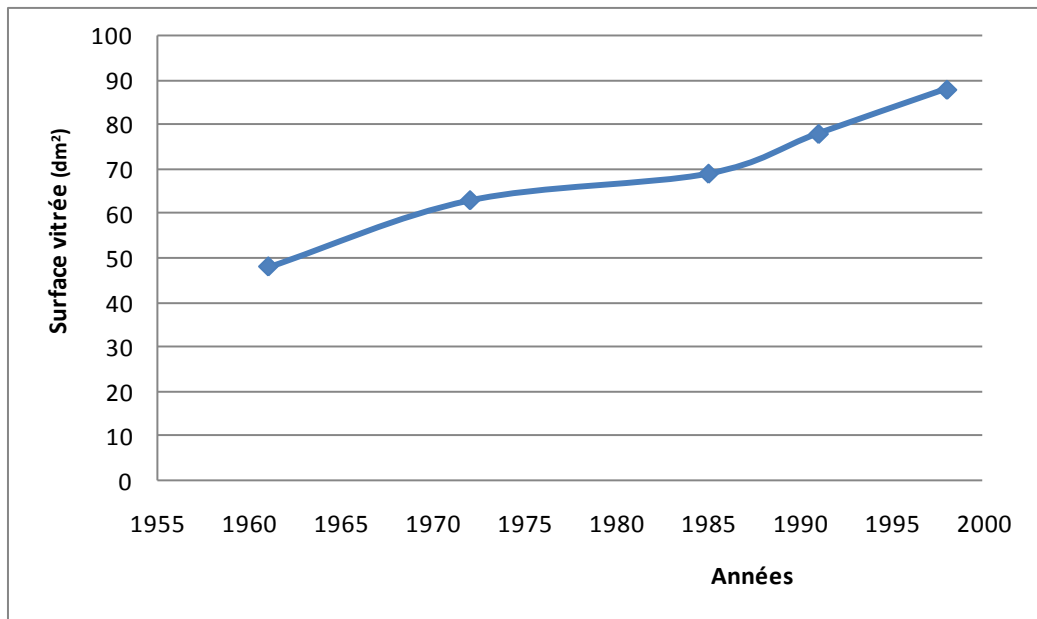
En revanche, le verre plat a toute sa place dans des scénarios de laisser-faire ou de diminution des émissions mondiales type « FONDDRI » car les vitrages peu émissifs ou anti-froid sont désormais un des éléments essentiels de la construction.

Dans l'automobile, la tendance conjoncturelle est celle de la crise des volumes. Néanmoins, la quantité de verre utilisée dans chaque véhicule tend à augmenter : vitrages larges, toits transparents... Dans un contexte de stabilité des marchés automobiles en Europe, la quantité de vitrage technique à destination des véhicules augmente (ainsi que dans les voitures et les trams).

<sup>25</sup> "BREF Industrie papetière", Commission européenne, 2001, p88

<sup>26</sup> P.228 DREAL 2009, « Enjeux pour l'industrie Nord Pas de Calais », DREAL, DRTEFP, Douai

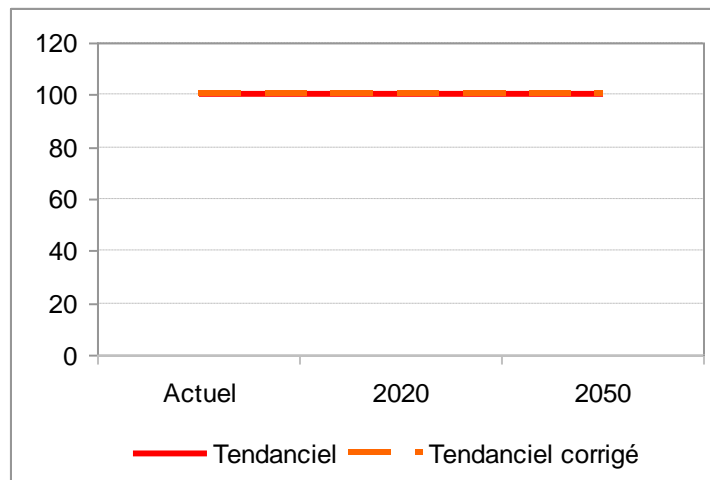
**Tableau 17 - Evolution de la surface des pare-brise de véhicules**



(source : ADEME, *La climatisation automobile : données et références, 2003*)

La résultante de ces tendances donne une estimation en laisser-faire de stabilité sur le long terme de ces industries.

**Figure 48 – Evolution de la production - Verre**



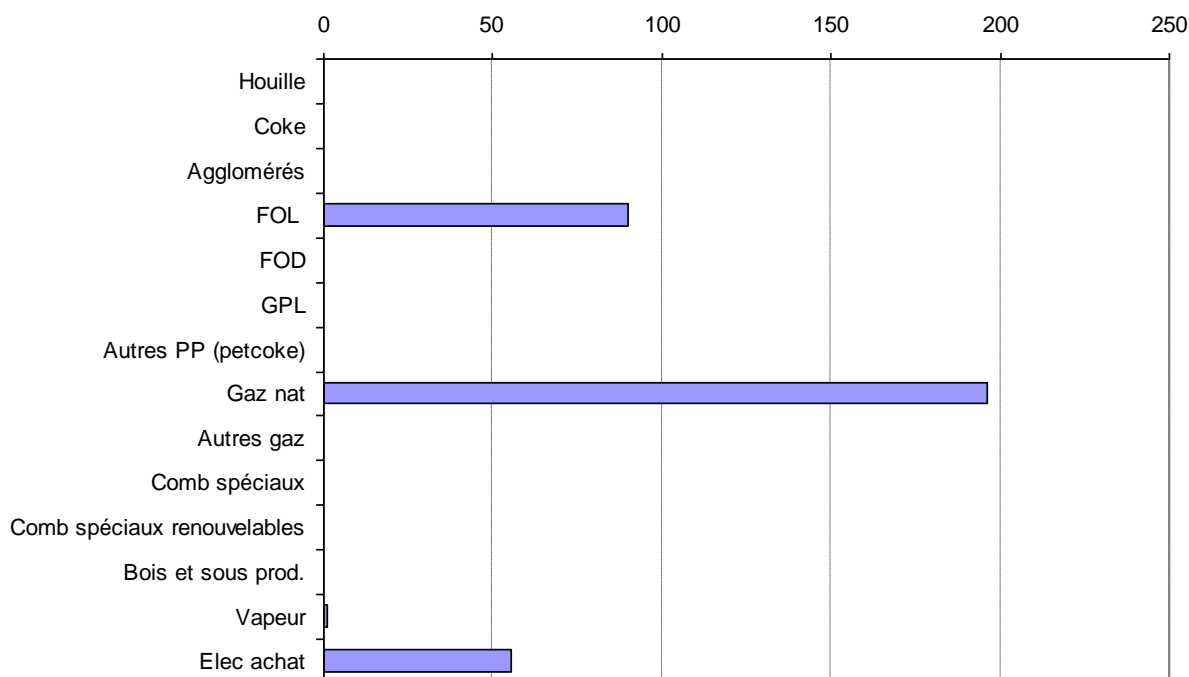
Source : E&E

Prévoir une discussion sur l'évolution des volumes :

- de verre plats : si en phase avec automobile
- verre creux : passage à la consigne

## ► Profil énergétique

Figure 49 – Consommation par type d'énergie – Verre- 2005



Source : SESSI

80% de l'énergie provient de combustible, principalement de gaz naturel. 75% de l'énergie alimente le four à fusion (haute température, 1100°C à 1600°C). L'énergie est une part importante de l'industrie du verre puisqu'elle représente presque 30% des coûts de production. Spécificité du verre, le fioul garde encore une place importante en raison de son comportement en combustion dans le procédé (flamme plus rayonnante).

## ► Economies d'énergie

Court terme :

Aujourd'hui les meilleures usines consomment moins de 8 GJ/t<sub>verre</sub> pour le four (on peut même descendre à 4 GJ/t<sub>verre</sub> pour des verres d'emballage classiques, avec un four à régénérateur) soit environ 10,5 GJ/t<sub>verre</sub> pour l'usine<sup>27</sup>. Les données issues des enquêtes Norener montrent que dans la région ces consommations spécifiques sont à plus de 20 GJ/t<sub>verre</sub>. Un fort gain d'environ 70% est donc accessible.

La durée de vie d'un four à combustible est d'environ 10 à 12 ans, on peut donc s'attendre à de rapides améliorations, même pour 2020<sup>28</sup>.

L'usage de calcin (morceau de verre recyclé) réduit assez peu les consommations d'énergie comparé au recyclage des métaux : l'ajout de 10% de calcin réduit d'environ 2 à 3% la

<sup>27</sup> BREF Verrerie, « Document de référence sur les meilleures techniques disponibles dans l'industrie du verre », Commission européenne, 2001, p82-84

<sup>28</sup> BREF Verrerie, « Document de référence sur les meilleures techniques disponibles dans l'industrie du verre », Commission européenne, 2001, p137



consommation d'énergie<sup>29</sup>. Le taux de calcin peut varier de 20 à 90%, dans l'union européenne il est de 48%.

Pour 2020, on retient un gain de 60% pour le four (permet d'atteindre 8 GJ/t<sub>verre</sub>)

Long terme :

L'amélioration des performances du four possède une limite, celle de l'énergie nécessaire à la fusion, entre 2,2 et 2,7 GJ/t, voir Tableau 18.

**Tableau 18 – Energie nécessaire à la fusion des principaux types de verre**

	<b>Verre sodocalcique (verre plat/verre d'emballage) GJ/tonne</b>	<b>verre aux borosilicates (8 % B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) GJ/tonne</b>	<b>crystal au plomb 19 % PbO GJ/tonne</b>
Chaleur de réaction	0,49	0,41	0,40
Enthalpie du verre	1,89	1,70	1,69
Enthalpie des gaz émis	0,30	0,14	0,16
Energie théoriquement nécessaire	2,68	2,25	2,25

*Source : BREF Verrerie*

Des développements sont en cours pour se rapprocher de ces valeurs, des gains de 25% pourront sans doute être atteints par rapport aux meilleurs fours régénératifs. On peut aussi s'attendre que d'ici 2050, la part de calcin augmente (recyclage plus généralisé, et moins de croissance)

Un gain de 80% est retenu pour le four (correspond à environ 3,5 GJ/t<sub>verre</sub>)

<sup>29</sup> BREF Verrerie, « Document de référence sur les meilleures techniques disponibles dans l'industrie du verre », Commission européenne, 2001, p243

## ► Résultat global

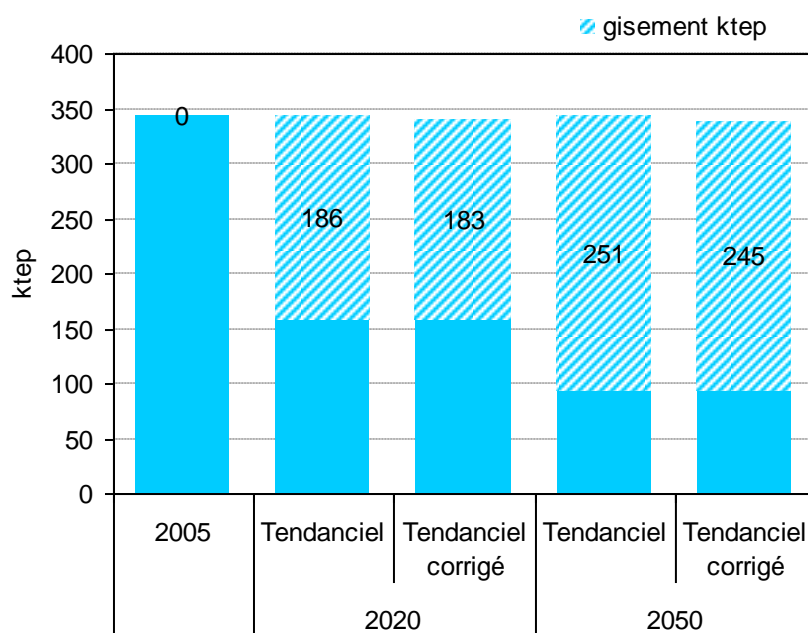
Tableau 19 – gisements d'économies d'énergie et de CO2 - Verre

		2005	2020	2050
<b>Tendanciel</b>				
Combustible	ktep	287	287	287
Vapeur	ktep	1	1	1
Electricité	ktep	55	55	55
Total*	ktep	343	343	343
Emissions GES	ktCO2	944	944	944
<b>Tendanciel corrigé</b>				
Combustible	ktep	287	287	287
Vapeur	ktep	1	1	1
Electricité	ktep	55	53	50
Total*	ktep	343	341	338
Emissions GES	ktCO2	944	941	938
<b>S Gisement</b>				
Combustible	ktep	287	115	57
Vapeur	ktep	1	4	8
Electricité	ktep	56	38	27
Total*	ktep	343	158	93
Emissions GES	ktCO2	944	403	228
<b>Gisement d'économies d'énergie</b>				
Potentiel min	ktep	0	183	245
			54%	73%
	ktCO2	0	538	711
			57%	76%
Potentiel max	ktep	0	186	251
			54%	73%
	ktCO2	0	541	716
			57%	76%

\*la différence entre "Total" et combustible+vapeur+électricité correspond à l'autoproduction d'électricité

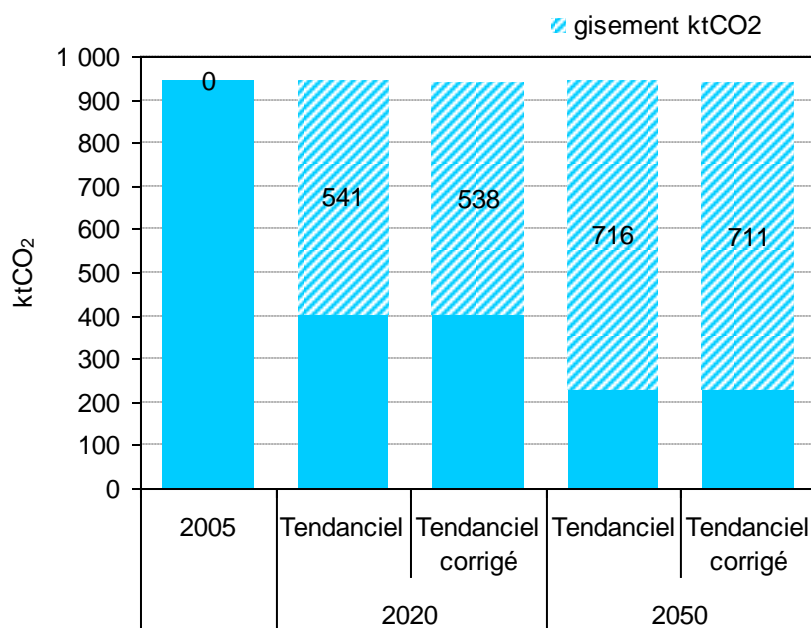
Source : E&E

Figure 50 – Consommation d'énergie des scénarios avec leur potentiel d'économies - Verre



Source : E&E

Figure 51 – Emissions de GES des scénarios avec leur potentiel d'économies - Verre



Source : E&E

### ► Potentiel de récupération de chaleur

Même en utilisant les fours les plus performants (four à régénération), le rendement global ne dépasse guère 50%. Parmi les pertes, environ 20% (de la puissance du four) part dans les fumées (température de 300 à 600°C). Certaines verreries installent des chaudières de

récupération, rarement pour une production électrique (les coûts sont encore trop élevés par rapport à la production classique d'électricité).

On retient donc 10% en 2020 et 15% en 2050.

**Tableau 20 – Potentiel de récupération d'énergie et d'utilisation d'énergie basse température – Verre**

S_Gisement		2005	2020	2050
Champ d'application	ktep		112,5	56,3
% de récupération			10%	15%
Récupération d'énergie	ktep		11	8
Utilisation de chaleur réseau	ktep		3	7

Sources : E&E

## IV.5.g. Industries mécaniques et électriques

### ► Description et évolution du secteur

Pour cette partie nous basons principalement sur l'industrie automobile qui représente une bonne partie de cette branche.

Il s'agit en effectifs de la première industrie de la région, concentrée notamment dans le bassin minier de Béthune à Valenciennes et Maubeuge en passant par Lens et Douai. Les équipementiers comme Valeo à Etaples (systèmes start and stop notamment), les pneumatiques (Bridgestone à Béthune) ou encore le verre (Saint-Gobain à Aniche) sont dépendants de cette activité.

Pour cette industrie de première importance, la projection pose cependant de grandes difficultés. A moyen terme, le chapitre automobile du rapport DREAL Enjeux 2009 (p.75) montre bien des menaces de court terme : délocalisation, apparition de modèles low-cost et ultra-low-cost, crises du marché national, apparition des motorisations électriques.

Sur le long terme, l'inconnue est triple, chaque aspect suffisant pour rendre la projection incertaine :

- Inconnue sur le type de véhicule utilisé à l'avenir et notamment son poids et sa motorisation
- Inconnue sur la part de marché du véhicule individuel, sur le type de possession ou d'usage et donc sur le nombre de véhicules en circulation en Europe et ailleurs
- Inconnue sur le positionnement des industriels du Nord Pas de Calais dans ces nouveaux véhicules

Le compromis proposé est une stabilité des marchés et de la position de la région sur ces marchés. Il correspond d'une part à une stabilisation en nombre des modèles vendus en Europe (marché de renouvellement) sur le moyen-long terme dans une optique « laisser faire » ; d'autre part au relativement bon positionnement des technologies utilisées pour le verre, les alternateurs, les accessoires, et à la proximité de la production des tôles d'acier qui continue de donner un atout au montage en région et limite la délocalisation.

Le maintien ou la disparition de l'industrie automobile appelle un commentaire particulier : l'étude a pour objet de déterminer les gisements d'économie d'énergie. Supprimer un secteur pourrait, de fait, laisser de côté la question de l'amélioration de son efficacité, sujet central de notre étude. Cela pose en outre deux questions :

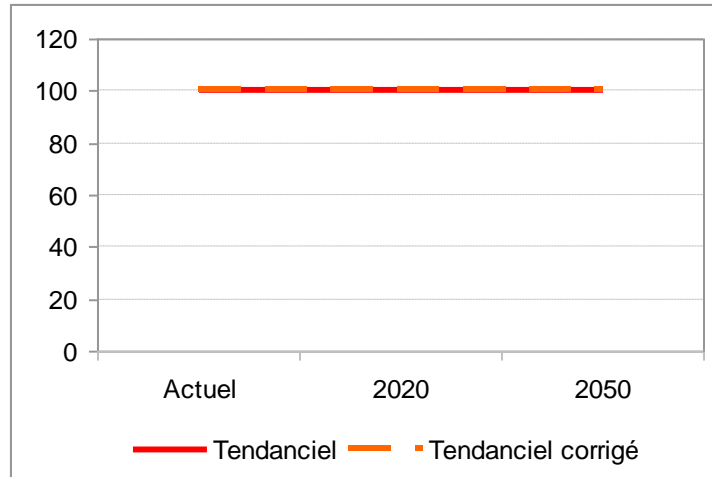
Celle des délocalisations pour des raisons économiques. Mais une délocalisation signifie simplement un déplacement des émissions de gaz à effet de serre, et ne peut être en conséquence considérée comme un gisement, même en écartant la question du développement économique.

Dans un scénario plus radical de report vers des modes de transport à la voiture individuelle (tel qu'esquissé par le Grenelle), on pourrait imaginer une forte diminution voire une disparition de cette activité. Considérer des changements de mode de vie tels que l'industrie automobile

disparaîtrait –et donc faire un gisement de cette disparition- est une question sociétale et sociale qui dépasse largement le cadre de la présente étude.

En conséquence, le maintien de l'activité automobile est cohérent dans l'exercice de détermination des gisements d'économie d'énergie que nous menons.

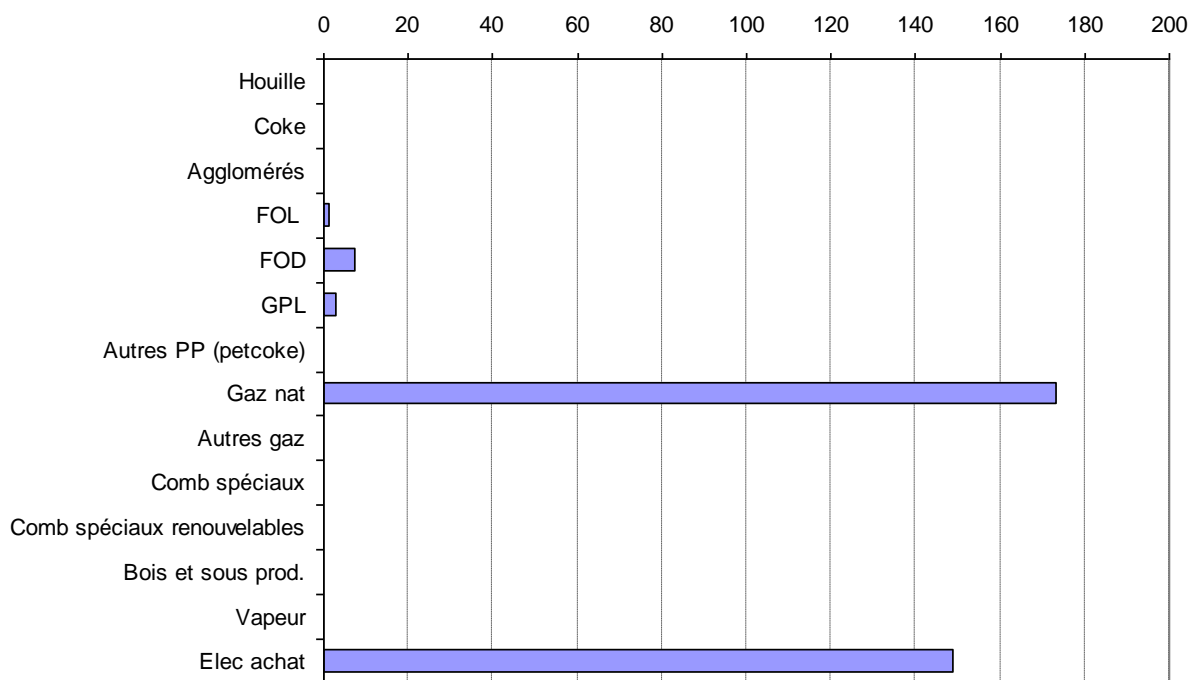
**Figure 52 – Evolution de la production - Industries mécaniques et électriques**



Source : E&E

### ► Profil énergétique

Figure 53 – Consommation par type d'énergie – Industries mécaniques et électriques- 2005



Source : SESSI

La consommation d'énergie se répartie assez bien entre électricité et combustible (quasi exclusivement du gaz).

Si l'on regarde les usages (Figure 16), la moitié du combustible sert au chauffage des locaux ou à des usages à basse température. Cette forte proportion est assez singulière dans l'industrie (avec le textile), elle est notamment liée au fait qu'il s'agit d'activités fortement utilisatrices de main d'œuvre, sur des chaînes de production à l'intérieur de bâtiments. L'usage de bains, de peintures, de séchage, de procédés de finition explique également les exigences de température dans les ateliers de montage.

Pour l'électricité on retrouve un usage majeur (environ 65%) pour la force motrice (machines transfert, convoyage, usinages, etc.).

### ► Economies d'énergie

*Court terme :*

Comme on le voit dans les répartitions par usage de la consommation d'énergie (Figure 16), la majeure partie de la consommation d'énergie se fait dans les secteurs transverses (chauffage locaux et bains, force motrice, éclairage).

On peut néanmoins considérer des améliorations des fours. Les fours à induction, au lieu de four à gaz permettent de gagner 60% d'efficacité (en énergie finale). On considère 50% de remplacement d'ici 2020.

*Long terme :*

On considère, en plus des améliorations sur les opérations transverses que l'intégralité des fours est remplacée par des fours à induction.

### ► Résultat global

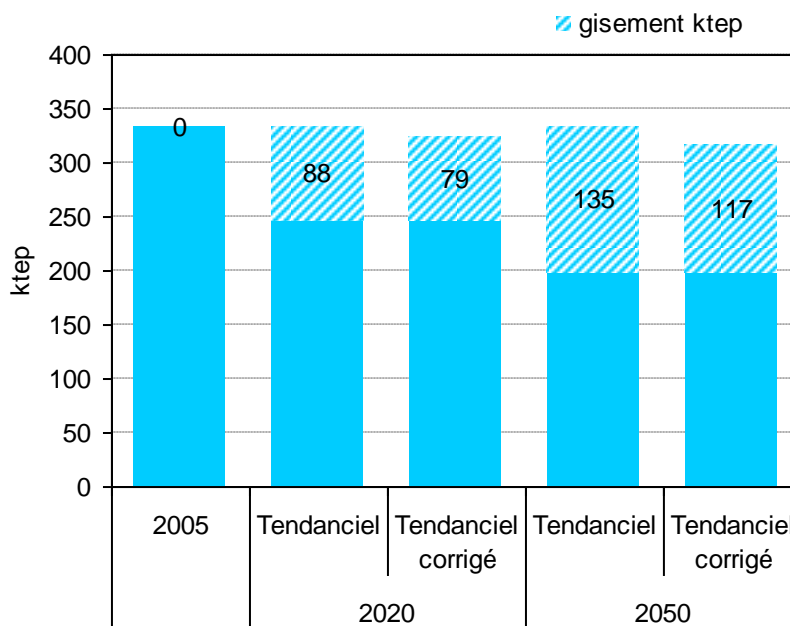
Tableau 21 – gisements d'économies d'énergie et de CO2 - Industries mécaniques et électriques

		2005	2020	2050
<b>Tendanciel</b>				
Combustible	ktep	185	185	185
Vapeur	ktep	0	0	0
Electricité	ktep	149	149	149
Total*	ktep	334	334	334
Emissions GES	ktCO2	671	671	671
<b>Tendanciel corrigé</b>				
Combustible	ktep	185	185	185
Vapeur	ktep	0	0	0
Electricité	ktep	149	140	131
Total*	ktep	334	325	316
Emissions GES	ktCO2	671	662	653
<b>S_Gisement</b>				
Combustible	ktep	185	84	21
Vapeur	ktep	0	21	43
Electricité	ktep	149	141	134
Total*	ktep	334	246	199
Emissions GES	ktCO2	671	519	483
<b>Gisement d'économies d'énergie</b>				
Potentiel min	ktep	0	79	117
			24%	37%
	ktCO2	0	143	170
			22%	26%
Potentiel max	ktep	0	88	135
			26%	40%
	ktCO2	0	152	188
			23%	28%

\*la différence entre "Total" et combustible+vapeur+électricité correspond à l'autoproduction d'électricité

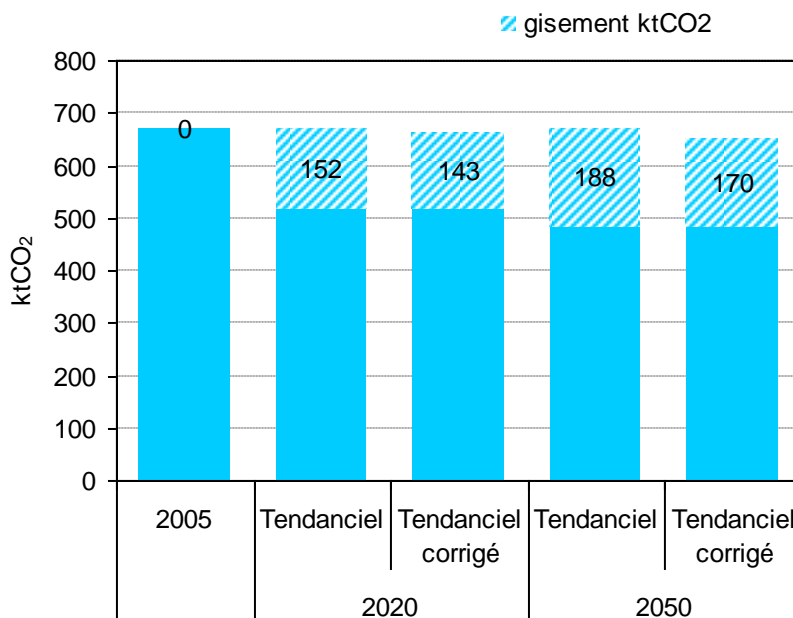
Source : E&E

**Figure 54 – Consommation d'énergie des scénarios avec leur potentiel d'économies - Industries mécaniques et électriques**



Source : E&E

**Figure 55 – Emissions de GES des scénarios avec leur potentiel d'économies - Industries mécaniques et électriques**



Source : E&E

### ► Potentiel de récupération de chaleur

On retient 10% en 2020 et 15% en 2050. Le potentiel en valeur absolue est très largement inférieur aux possibilités d'utilisation de chaleur basse température. A cela pourrait s'ajouter une



utilisation d'une production renouvelable à basse température le cas échéant (solaire thermique –non considéré dans la présente étude).

**Tableau 22 – Potentiel de récupération d'énergie et d'utilisation d'énergie basse température – Industries mécaniques et électriques**

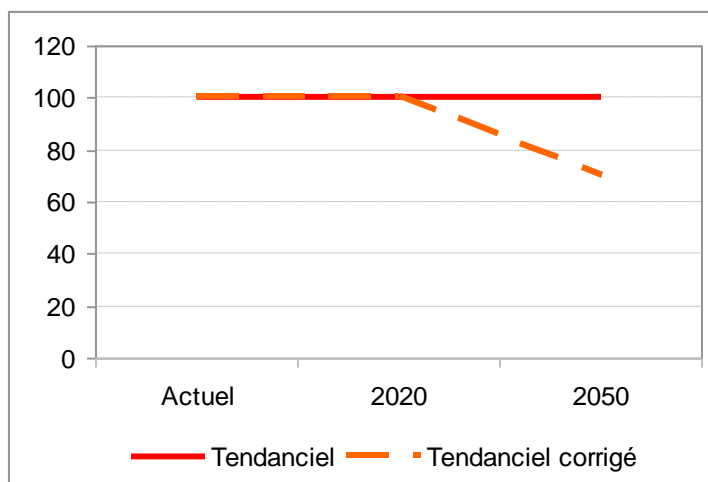
S_Gisement		2005	2020	2050
Champ d'application	ktep		80,9	61,1
% de récupération			10%	15%
Récupération d'énergie	ktep		8	9
Utilisation de chaleur réseau	ktep		21	43

Sources : E&E

#### IV.5.h. Ciment, Chaux, plâtre

##### ► Description et évolution du secteur

Figure 56 – Evolution de la production – Ciment, Chaux, plâtre



Source : E&E consultant

Dans le scénario à 2030 demandé par la DGEMP (actuelle DGEC) à Enerdata et destiné à interpréter le Grenelle de l'Environnement, la consommation diminue d'un tiers soit en France 2,9 MT en 2030 contre 4,4 en 2005. C'est cette évolution (Tendanciel corrigé) qui est retenue pour la région, avec une stabilisation à compter de 2030.

L'étude de long terme FONDDRI suggère une stabilisation de long terme après 2020 pour le monde entier. Mais contrairement à l'hypothèse que nous retenons, elle considère une capacité de production nettement moindre en Europe (division par trois en 2050).

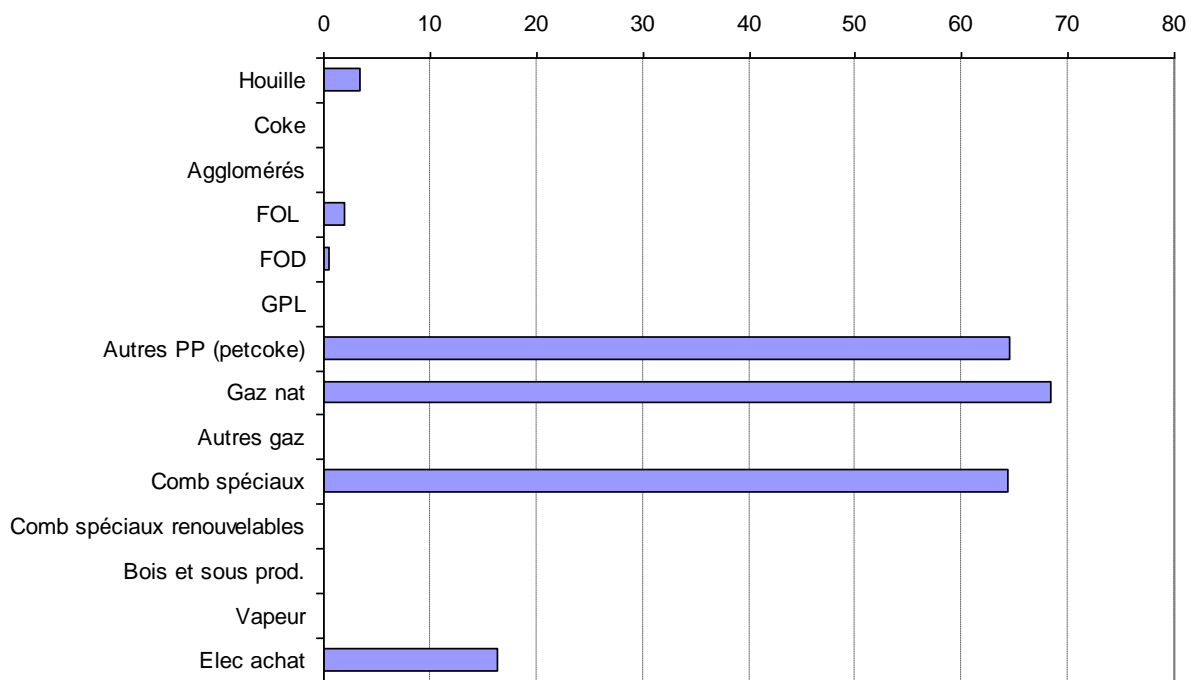
La DGEMP (Scénario 2008) suggère une production stable de ciment à 2030, mais délocalise une partie de la consommation de clinker ce qui revient en réalité aux mêmes bilans d'énergie et d'émission.

## ► Procédé et Profil énergétique

Les deux tiers de la consommation énergétique sont des cimenteries, le reste de la production de chaux. L'étude se concentre sur la production de ciment, prépondérante dans la région. De plus, le processus de fabrication de chaux est assez similaire (broyage et cuisson), avec un procédé à moins haute température.

A noter que ces deux procédés sont fortement émetteurs de CO<sub>2</sub>, leurs émissions ayant la spécificité de provenir autant la consommation d'énergie que du procédé lui-même (décarbonatation de la matière première principale, le calcaire : principalement CaCO<sub>3</sub> -> CaO + CO<sub>2</sub>). La décarbonisation des matières premières n'est pas prise en compte dans l'estimation des émissions faites dans cette étude.

Figure 57 – Consommation par type d'énergie – Ciment, Chaux, plâtre - 2005



Source : SESSI

Le procédé cimentier se résume en :

- Extraction des matières premières (principalement calcaire)
- Broyage
- Cuisson en vue d'obtenir du clinker
- Broyage du clinker (+ajouts divers selon qualité du ciment produit)

La lecture de la Figure 16 montre que la plus grande partie de l'énergie est sous forme de combustible (90%), servant à échauffer la matière dans le four (1400°C pour le ciment, 900°C pour la chaux). Cette grande consommation de combustible représente d'ailleurs une bonne part des coûts de production du ciment (environ 30%), c'est en particulier ce qui explique l'utilisation de combustibles dérivés ou spéciaux (Figure 57) : Coke de pétrole, brais, farines animales, huiles usagés, déchets divers... Dans certains cas, les combustibles sont gratuits voire subventionnés.

Les ateliers de broyage consomment la majorité de l'électricité.

## ► Economies d'énergie

### *Court terme :*

Les cimenteries du NPDC sont relativement vieilles et utilisent des procédés dit par « voie humide » ou « semi-humide » (de 4 à 7 GJ/tclinker, soit 0,09 à 0,17 GJ/tclinker)<sup>30</sup>. Ces procédés ajoutent de l'eau lors de la préparation matière, cette eau doit ensuite être évaporée, ce qui augmente énormément la consommation du four, comparé aux technologies actuelles des cimenteries neuves dites par « voie sèche » (jusqu'à moins de 3 GJ/t clinker, ou 0,07tep/tclinker).

Concernant le broyage, même si les matières premières peuvent avoir un impact sur les puissances de broyage, les ateliers modernes (broyeurs verticaux et surtout Horomill) peuvent consommer beaucoup moins que les broyeurs traditionnels (de 20 à 30% de moins, la moyenne est à 110 kWh/t<sub>ciment</sub>)<sup>31</sup>.

- Cuisson : environ 30% de gains sont réalisables (conversion à la voie sèche).
- Broyage : on retient 20%

### **Long terme :**

Pour envisager des gains plus importants, il faut envisager d'autres types de liant que le ciment Portland (ciment produit actuellement). Divers produits sont en cours de développement, on peut retenir les deux suivants :

- Novacement (start-up émanant d'un laboratoire d'Imperial College London) : l'idée est d'utiliser une autre matière première le silicate de manganèse, le procédé est assez proche sauf que la température du four est beaucoup plus faible (700°C). Le plus intéressant du procédé est qu'en plus de réduire la consommation d'énergie, il n'y a pas de décarbonatation des matières premières : au contraire, il permet une capture de carbone qui se retrouve ensuite piégé dans la matrice du ciment. Un pilote fonctionne déjà, une installation semi-industriel devrait voir le jour d'ici 2015.<sup>32</sup>
- Calera : Cette technologie, bien qu'à ses prémises, est particulièrement attrayante, puisque sa matière première ne provient plus de roches extraites, mais du CO<sub>2</sub> issu de fumées d'autres procédés industriels. L'idée consiste à « arroser » avec de l'eau de mer des fumées chargées en CO<sub>2</sub> pour le précipiter en carbonate (réaction similaire à la création des coraux)<sup>33</sup>.

A l'horizon 2050, on retient donc le procédé Novacem, permettant une réduction de 50% de la consommation de combustible. Pour la partie broyage, pas de gains supplémentaires pris en compte.

---

<sup>30</sup> « Diagnostique énergétique d'une cimenterie », IEPF, p3

<sup>31</sup> Voir « Cement technology roadmap 2009 » WBCSD/AIE, 2009, p6,

Et « Diagnostique énergétique d'une cimenterie », IEPF, p4

<sup>32</sup> « A long-term view of CO2 efficient manufacturing in European region », Delft, June 2010, p 51-53

<sup>33</sup> « Cement technology roadmap 2009 » WBCSD/AIE, 2009, p5

## ► Résultat global

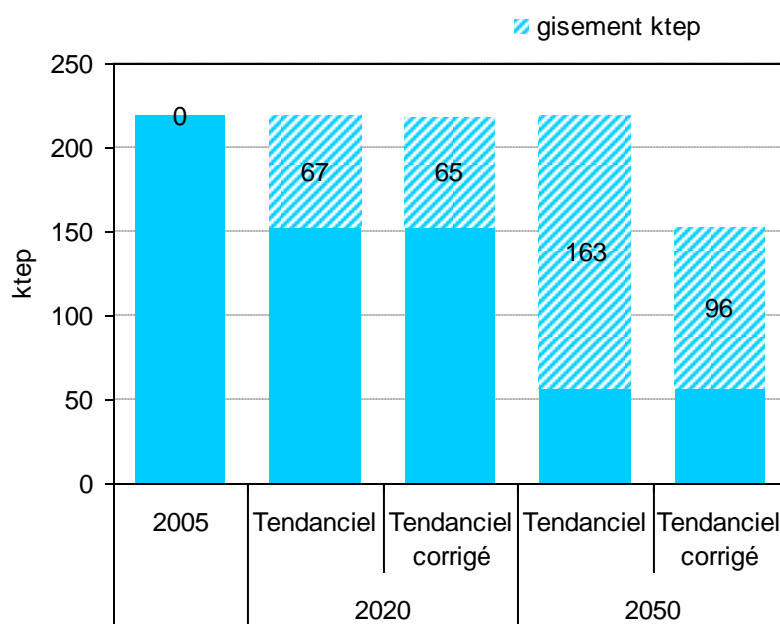
Tableau 23 – gisements d'économies d'énergie et de CO2 – Ciment, Chaux, plâtre

		2005	2020	2050
<b>Tendanciel</b>				
Combustible	ktep	203	203	203
Vapeur	ktep	0	0	0
Electricité	ktep	16	16	16
Total*	ktep	219	219	219
Emissions GES	ktCO2	779	779	779
<b>Tendanciel corrigé</b>				
Combustible	ktep	203	203	142
Vapeur	ktep	0	0	0
Electricité	ktep	16	15	10
Total*	ktep	219	218	152
Emissions GES	ktCO2	779	778	544
<b>S_Gisement</b>				
Combustible	ktep	203	141	49
Vapeur	ktep	0	0	1
Electricité	ktep	16	11	6
Total*	ktep	219	153	56
Emissions GES	ktCO2	779	544	194
<b>Gisement d'économies d'énergie</b>				
Potentiel min	ktep	0	65	96
			30%	63%
	ktCO2	0	234	350
			30%	64%
Potentiel max	ktep	0	67	163
			30%	74%
	ktCO2	0	235	585
			30%	75%

\*la différence entre "Total" et combustible+vapeur+électricité correspond à l'autoproduction d'électricité

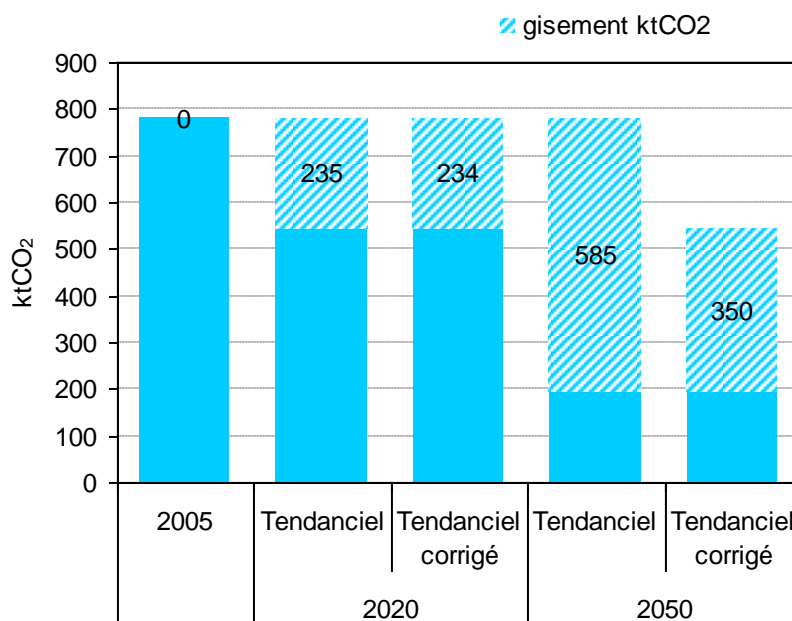
Sources : E&E

Figure 58 – Consommation d'énergie et gisement d'économies – Ciment, Chaux, plâtre



Source : E&E

Figure 59 – Emissions de GES des scénarios avec leur potentiel d'économies – Ciment, Chaux, plâtre



Source : E&E

### ► Potentiel de récupération de chaleur

Les deux principales pertes sur une ligne de cuisson de ciment sont la chaleur sensible des fumées sortie tour et celle de l'air d'exhaure du refroidisseur de clinker, elles représentent à elles deux environ 30% de la puissance introduite. Elle se répartie en 65% sortie tour, 35% sortie refroidisseur de clinker. Une partie de cette chaleur est utilisée pour le séchage des matières premières.

Pour les sites nécessitant peu de séchage, on peut envisager en récupérer les 2/3.

On retient ici un potentiel de 25% (les matières premières sont sans doute humides).

**Tableau 24 – Potentiel de récupération d'énergie et d'utilisation d'énergie basse température – Ciment, Chaux, plâtre**

S_Gisement		2005	2020	2050
Champ d'application	ktep		141,7	49,9
% de récupération			10%	25%
Récupération d'énergie	ktep		14	12
Utilisation de chaleur réseau	ktep		0	1

Sources : E&E

## IV.5.i. Textile

### ► Description et évolution du secteur

Le secteur textile est un secteur sinistré, il a perdu 60% de ses emplois dans la région les dix dernières années, suite à des délocalisations vers des pays à bas coûts salariaux<sup>34</sup>. Mais la région reste la 4<sup>ème</sup> région française dans ce secteur, et il semble que la baisse d'activité soit enrayée, avec un repositionnement sur la production textile, et plus particulièrement les textiles techniques. Cette activité nécessite beaucoup d'innovation et de recherches et développement pour faire face aux contraintes des utilisateurs. Les principaux secteurs de débouché sont : l'industrie, le médical et la santé<sup>35</sup>.

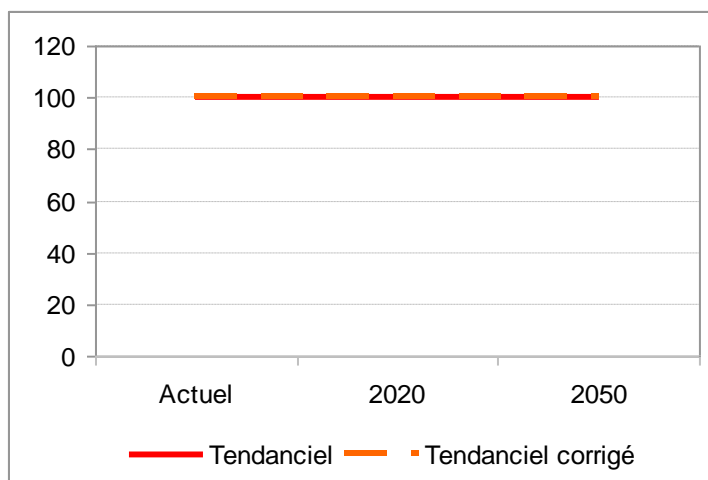
Pour soutenir cette filière la région possède l'un des deux pôles nationaux de compétitivité du textile.

Pour les projections, on considère que ce repositionnement du secteur permet de mettre fin à l'érosion de l'activité régionale textile, un maintien de production est considéré.

<sup>34</sup> « Enjeux pour l'industrie du NPDC », DREAL, 2009

<sup>35</sup> « Chiffres clés – Textile », MINEFI, 2007

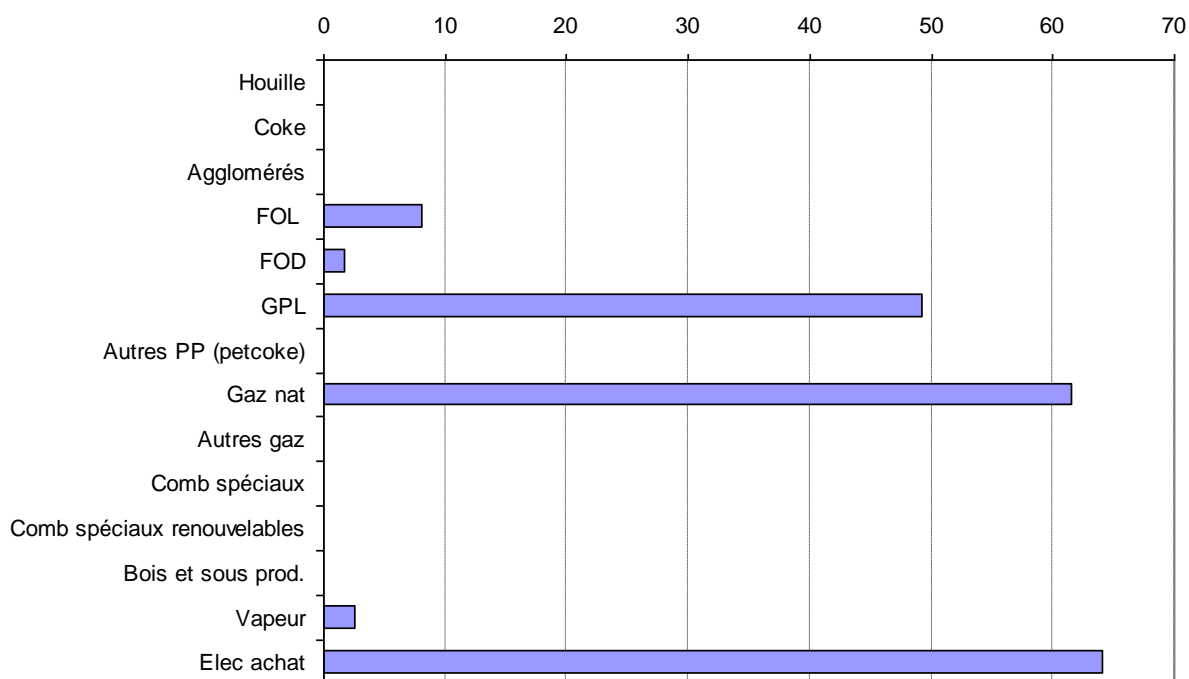
Figure 60 – Evolution de la production - Textile



Source : E&E

### ► Profil énergétique

Figure 61 – Consommation par type d'énergie – Textile- 2005



Source : SESSI

La consommation d'énergie se répartie en 2/3 combustible et 1/3 électricité.

Pour les usages, on est très proche de l'industrie mécanique et électrique, avec une forte part de chauffage des locaux et de force motrice. La force motrice est utilisée pour les diverses machines à tisser, les combustibles servent, en plus du chauffage des locaux, aux activités de lavage, teinture et séchage.

## ► Economies d'énergie

*Court terme :*

Les usages énergétiques du secteur textile font peu appel aux usages autres que ceux comptabilisés dans les usages transverses. On retient donc uniquement les gains sur les usages transverses.

*Long terme :*

On retient les gains sur les opérations transverses

## ► Résultat global

Tableau 25 – gisements d'économies d'énergie et de CO2 - Textile

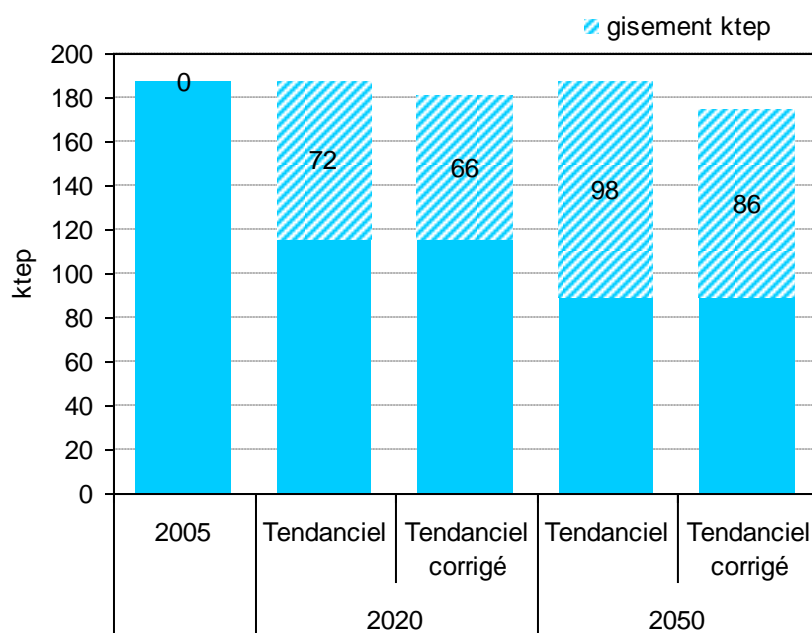
		2005	2020	2050
<b>Tendanciel</b>				
Combustible	ktep	121	121	121
Vapeur	ktep	2	2	2
Electricité	ktep	103	103	103
Total*	ktep	187	187	187
Emissions GES	ktCO2	436	436	436
<b>Tendanciel corrigé</b>				
Combustible	ktep	121	121	121
Vapeur	ktep	2	2	2
Electricité	ktep	103	97	90
Total*	ktep	187	181	175
Emissions GES	ktCO2	436	430	424
<b>S_ Gisement</b>				
Combustible	ktep	121	54	31
Vapeur	ktep	2	15	28
Electricité	ktep	103	86	69
Total*	ktep	187	115	89
Emissions GES	ktCO2	436	245	204
<b>Gisement d'économies d'énergie</b>				
Potentiel min	ktep	0	66	86
			36%	49%
	ktCO2	0	185	220
			43%	52%
Potentiel max	ktep	0	72	98
			39%	53%
	ktCO2	0	192	232
			44%	53%

\*la différence entre "Total" et combustible+vapeur+électricité correspond à l'autoproduction d'électricité

Source : E&E

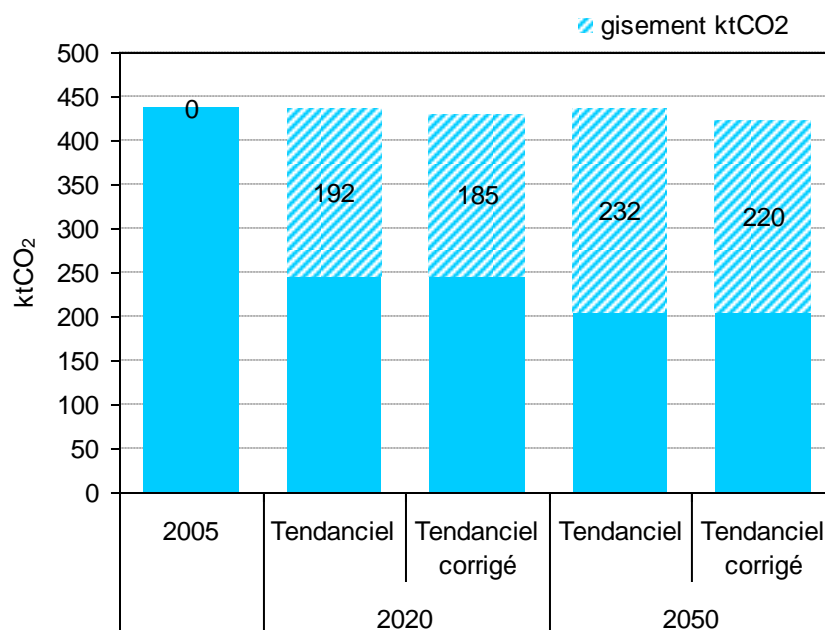


Figure 62 – Consommation d'énergie des scénarios avec leur potentiel d'économies - Textile



Source : E&E

Figure 63 – Emissions de GES des scénarios avec leur potentiel d'économies - Textile



Source : E&E

### ► Potentiel de récupération de chaleur

On ne retient pas de récupération d'énergie dans le secteur textile puisque la majeure partie de l'amélioration des procédés de chauffage provient de l'utilisation des chaleurs contenues dans les effluents.

Par contre, le secteur peut largement augmenter l'utilisation de chaleur sur réseau pour ses besoins en chauffage de locaux. On peut aussi envisager, étant donné les faibles niveaux de température des procédés (Figure 19), une utilisation en procédé avec l'emploi d'une pompe à chaleur.

**Tableau 26 – Potentiel de récupération d'énergie et d'utilisation d'énergie basse température – Textile**

S_Gisement		2005	2020	2050
Champ d'application	ktep		43,4	35,9
% de récupération			0%	0%
Récupération d'énergie	ktep		0	0
Utilisation de chaleur réseau	ktep		12	26

Sources : E&E

## IV.5.j. Divers

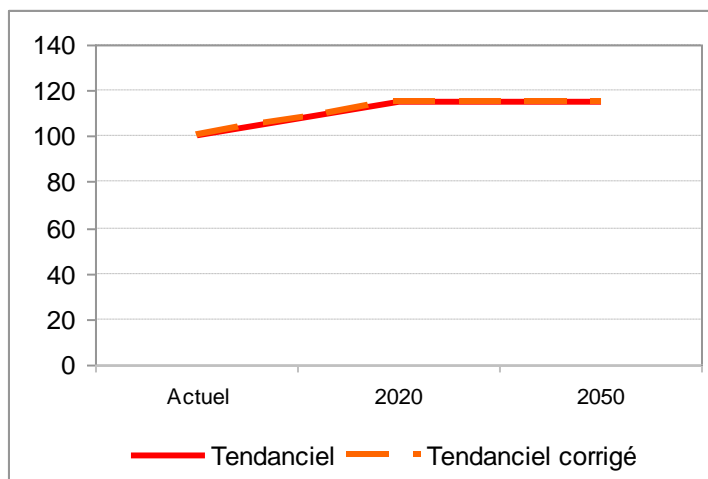
### ► Description et évolution du secteur

Le taux de croissance (du chiffre d'affaire) devrait être celui de l'économie en général si l'industrie a la même proportion à terme (soit 1,6%). A noter que la PPI chaleur 2009-2020 ne donne pas d'indication au-delà de 2020, que le tendancier DGEMP donne une croissance annuelle de 1,4% sur les "autres industries" et que l'exercice MIES-Radanne utilise un taux de croissance de 1,7%.

Nous proposons deux options : option A où la production suit le chiffre d'affaire (peu probable, +70% en 2050) ; option B, stagnation des productions physiques après 2020.

L'option B est choisie –il s'agit de productions physiques- même si les valeurs peuvent progresser nettement selon le positionnement des entreprises régionales.

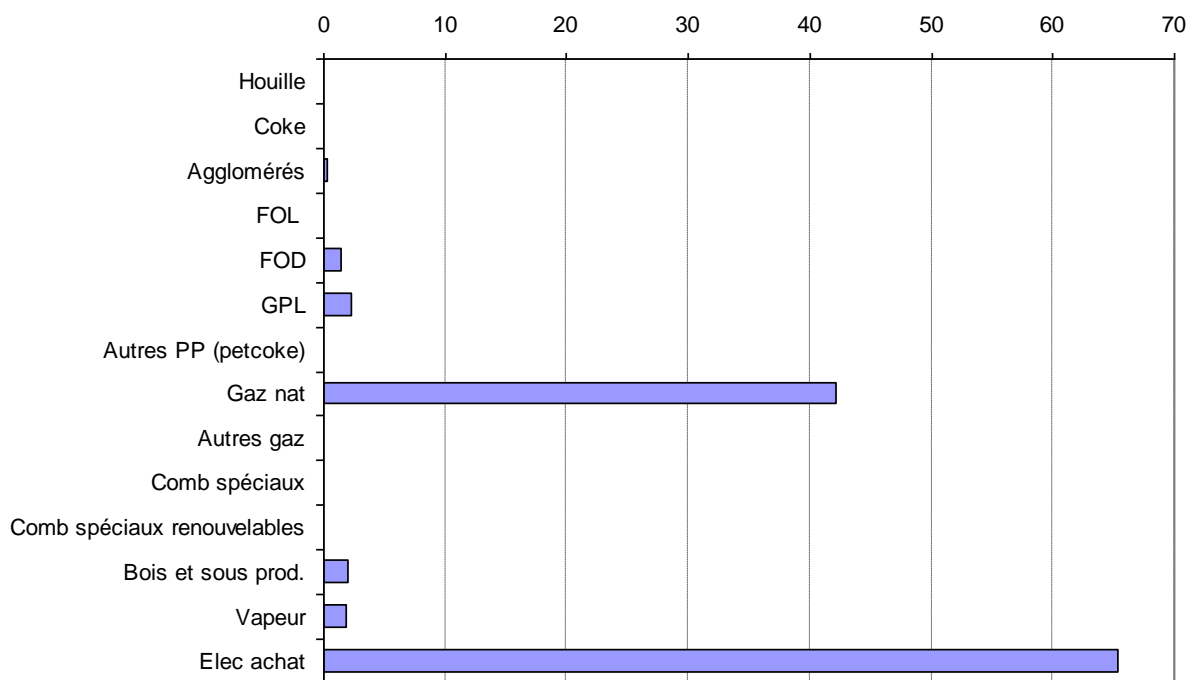
**Figure 64 – Evolution de la production - Divers**



Source : E&E

### ► Profil énergétique

Figure 65 – Consommation par type d'énergie – Divers- 2005



Source : SESSI

La consommation d'énergie se répartit entre électricité et combustibles à environ 60/40. La consommation de combustible est dominée par l'utilisation de gaz naturel.

### ► Economies d'énergie

*Court terme et long terme :*

Par manque de données détaillés, seules les améliorations des opérations transverses sont considérées.

## ► Résultat global

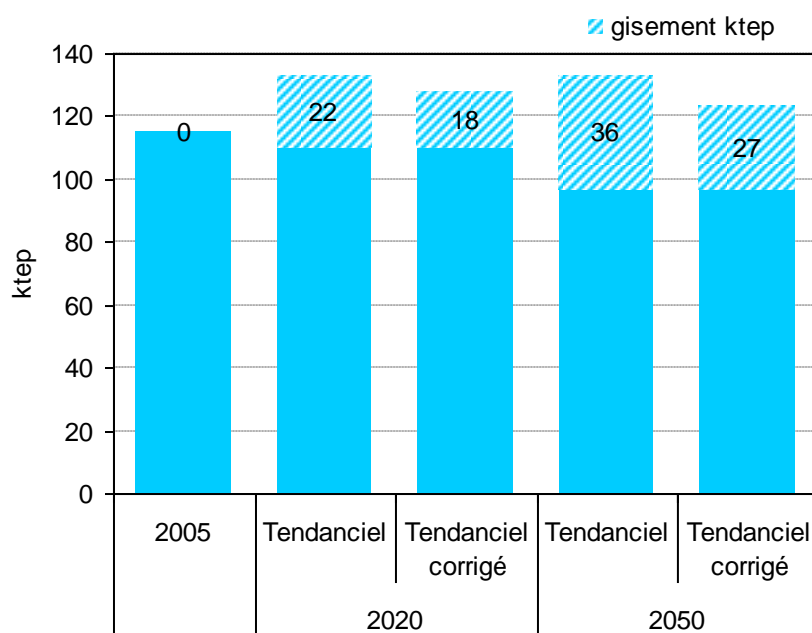
Tableau 27 – gisements d'économies d'énergie et de CO2 - Divers

		2005	2020	2050
<b>Tendanciel</b>				
Combustible	ktep	48	55	55
Vapeur	ktep	2	2	2
Electricité	ktep	65	75	75
Total*	ktep	115	133	133
Emissions GES	ktCO2	202	233	233
<b>Tendanciel corrigé</b>				
Combustible	ktep	48	55	55
Vapeur	ktep	2	2	2
Electricité	ktep	65	70	66
Total*	ktep	115	128	123
Emissions GES	ktCO2	202	228	224
<b>S Gisement</b>				
Combustible	ktep	48	44	40
Vapeur	ktep	2	4	7
Electricité	ktep	65	62	50
Total*	ktep	115	110	97
Emissions GES	ktCO2	202	188	179
<b>Gisement d'économies d'énergie</b>				
Potentiel min	ktep	0	18	27
			14%	22%
	ktCO2	0	41	45
			18%	20%
Potentiel max	ktep	0	22	36
			17%	27%
	ktCO2	0	45	54
			19%	23%

\*la différence entre "Total" et combustible+vapeur+électricité correspond à l'autoproduction d'électricité

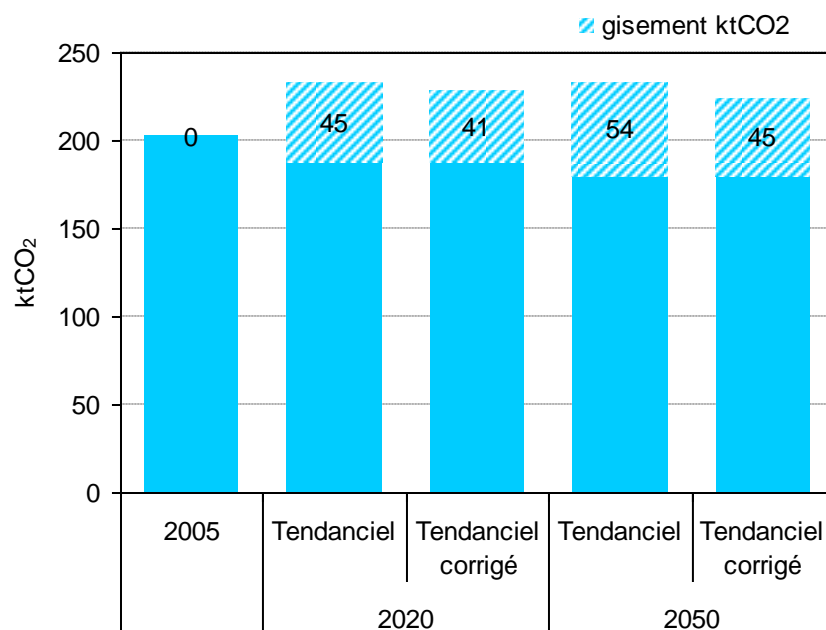
Source : E&E

Figure 66 – Consommation d'énergie des scénarios avec leur potentiel d'économies - Divers



Source : E&E

Figure 67 – Emissions de GES des scénarios avec leur potentiel d'économies - Divers



Source : E&E

### ► Potentiel de récupération de chaleur

Par manque de données, on ne retient une faible récupération de chaleur dans le secteur Divers.

**Tableau 28 – Potentiel de récupération d'énergie et d'utilisation d'énergie basse température – Divers**

<b>S_Gisement</b>		<b>2005</b>	<b>2020</b>	<b>2050</b>
Champ d'application	ktep		44,7	43,2
% de récupération			5%	10%
Récupération d'énergie	ktep		2	4
Utilisation de chaleur réseau	ktep		2	5

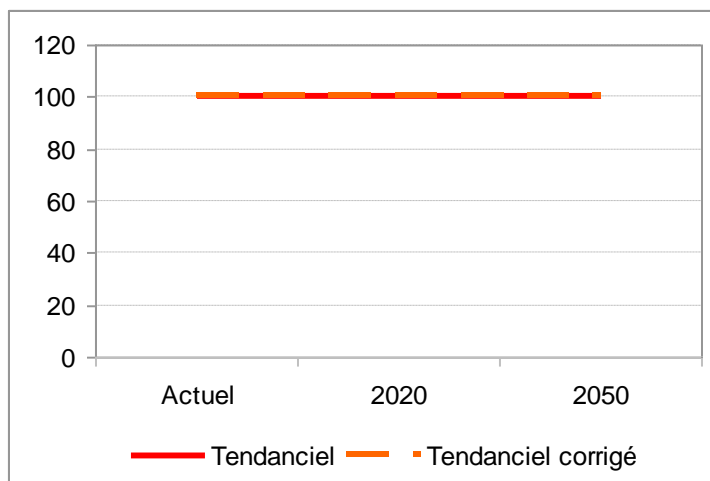
*Sources : E&E*

#### **IV.5.k. Autres matériaux de construction**

##### **► Description et évolution du secteur**

Le DGEMP 2008 prévoit une stabilité. La consommation de matériaux de construction (tuiles, briques, parpaings...) suit les tendances de la construction. Leur croissance sera plus importante dans le cadre de scénarios alternatifs type Grenelle, car le besoin en matériaux d'isolation est plus important pour les réhabilitations thermiques du bâti. D'un autre côté, la prise en compte de l'énergie grise devrait également inciter à alléger les matériaux, notamment les matériaux les plus énergivores et sans doute un recours plus important à d'autres matériaux (bois, végétaux, matières recyclées...). Au bilan il n'est pas sûr que la consommation globale augmente. L'étude retient une production constante.

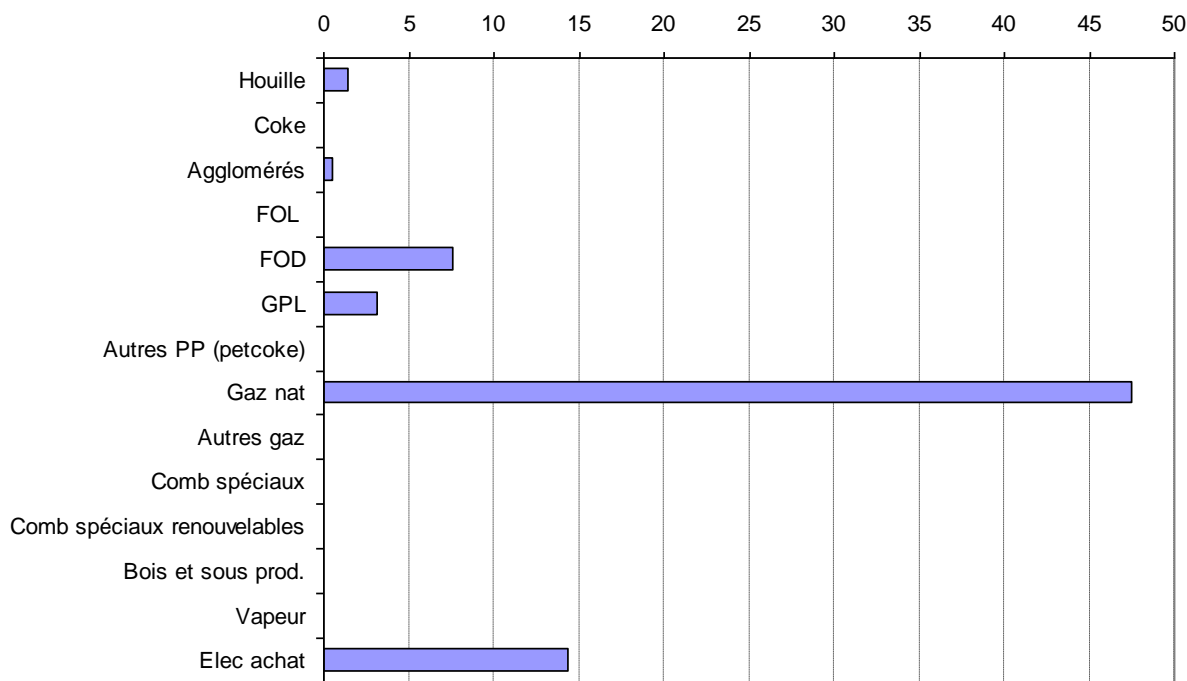
**Figure 68 – Evolution de la production - Autres matériaux de construction**



Source : E&E

### ► Profil énergétique

**Figure 69 – Consommation par type d'énergie – Autres matériaux de construction- 2005**



Source : SESSI

Le profil énergétique laisse apparaître une domination de l'utilisation de combustibles, principalement du gaz naturel. La Figure 16 permet de voir que 70% de l'énergie consommée est du combustible utilisé pour la fabrication : il s'agit principalement des fours de cuisson ou de séchage.

## ► Economies d'énergie

Les données disponibles sur ce secteur sont assez pauvres : NORENER recense 30% des consommations du secteur qui sont pour l'essentiel des productions de brique et tuile. Dans cette étude, les potentiels d'économie sont déduits de ce type de procédé, et appliqués à tout le secteur. Cette approximation induit une erreur limitée car, d'une part la production de briques et tuiles sont parmi les procédés les plus énergivores du secteur et, d'autre part, le poids de ce secteur dans les consommations globale de l'industrie du Nord-Pas-de-Calais est très faible (1%).

### *Court terme :*

Aujourd'hui une installation moderne de production de brique ou tuile consomme moins de 2,3 GJ/t<sub>produit</sub><sup>36</sup>. Sur les entreprises enquêtées par NORENER, la moyenne est de 5,2 GJ/t<sub>produit</sub> (soit 55% de réduction nécessaire pour atteindre les meilleures performances actuelles). Un fort gain est donc possible avec l'optimisation des fours (meilleure isolation, meilleure régulation, et récupération de chaleur entre équipements), pour 2020, 40% de gain est retenu.

### *Long terme :*

Dès aujourd'hui descendre à 2 GJ/t<sub>produit</sub> semble techniquement accessible.<sup>37</sup> En considérant ce niveau atteint en 2050, le gain retenu est de 60%.

## ► Résultat global

---

<sup>36</sup> « Tracking Industrial Energy Efficiency and CO2 Emissions », Agence Internationale de l'Energie, 2007, p 172

<sup>37</sup> « Tracking Industrial Energy Efficiency and CO2 Emissions », Agence Internationale de l'Energie, 2007, p 172



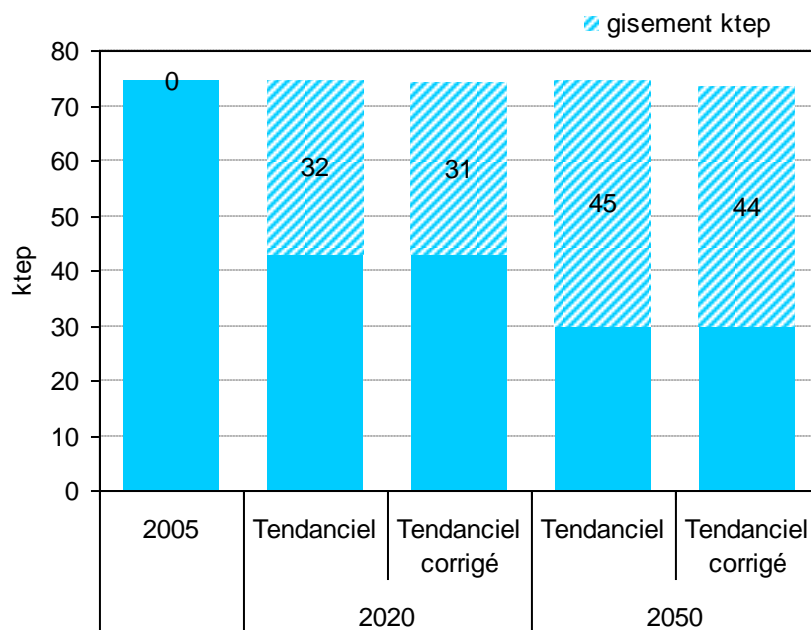
Tableau 29 – gisements d'économies d'énergie et de CO2 - Autres matériaux de construction

		2005	2020	2050
<b>Tendanciel</b>				
Combustible	ktep	60	60	60
Vapeur	ktep	0	0	0
Electricité	ktep	14	14	14
Total*	ktep	75	75	75
Emissions GES	ktCO2	194	194	194
<b>Tendanciel corrigé</b>				
Combustible	ktep	60	60	60
Vapeur	ktep	0	0	0
Electricité	ktep	14	14	13
Total*	ktep	75	74	73
Emissions GES	ktCO2	194	193	192
<b>S_Gisement</b>				
Combustible	ktep	60	32	21
Vapeur	ktep	0	1	2
Electricité	ktep	14	10	7
Total*	ktep	75	43	30
Emissions GES	ktCO2	194	109	75
<b>Gisement d'économies d'énergie</b>				
Potentiel min	ktep	0	31	44
			42%	60%
	ktCO2	0	84	117
			44%	61%
Potentiel max	ktep	0	32	45
			43%	60%
	ktCO2	0	85	118
			44%	61%

\*la différence entre "Total" et combustible+vapeur+électricité correspond à l'autoproduction d'électricité

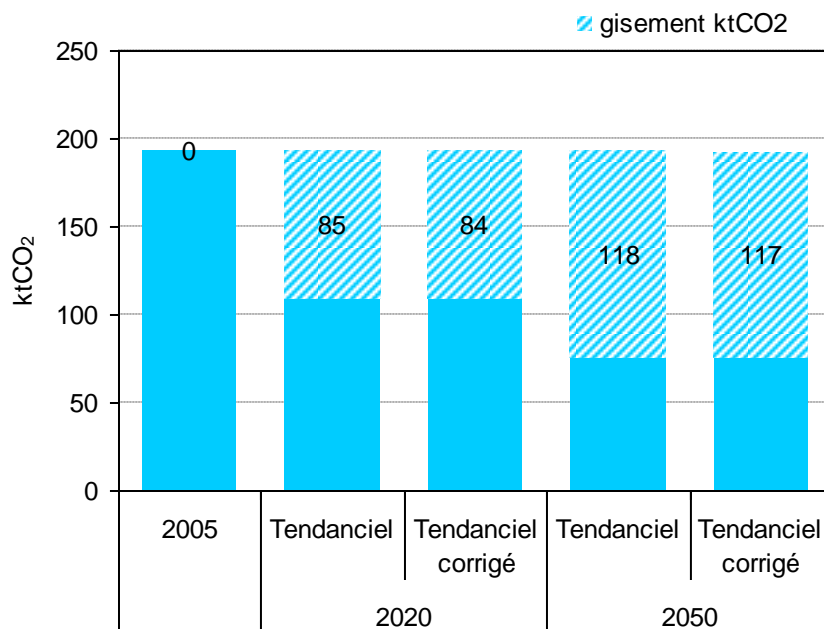
Source : E&E

**Figure 70 – Consommation d'énergie des scénarios avec leur potentiel d'économies - Autres matériaux de construction**



Source : E&E

**Figure 71 – Emissions de GES des scénarios avec leur potentiel d'économies - Autres matériaux de construction**



Source : E&E

### ► Potentiel de récupération de chaleur

Les hautes températures nécessaires pour le four induisent des pertes assez élevées particulièrement dans les fumées. Même si l'amélioration du procédé permettra de récupérer

une partie de la chaleur perdue, une part supplémentaire de récupération de chaleur basse température semble possible : 5 et 10% sont retenus aux horizons 2020 et 2050.

**Tableau 30 – Potentiel de récupération d'énergie et d'utilisation d'énergie basse température – Autres matériaux de construction**

S_Gisement		2005	2020	2050
Champ d'application	ktep		26,4	15,8
% de récupération			5%	10%
Récupération d'énergie	ktep		1	2
Utilisation de chaleur réseau	ktep		1	2

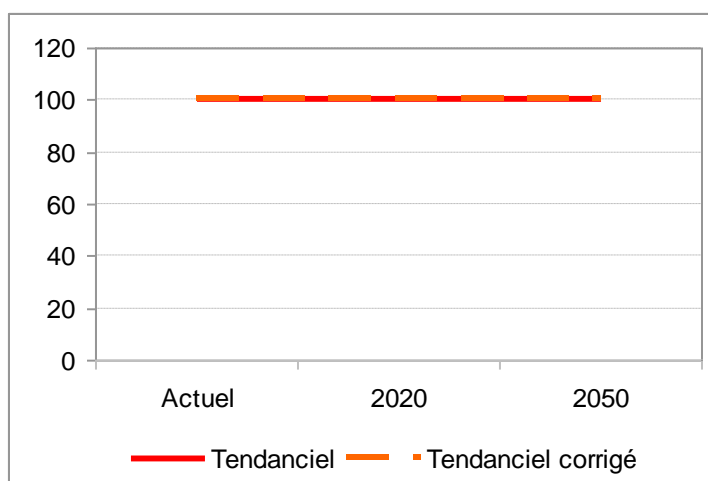
Sources : E&E

## IV.5.1. Caoutchouc

### ► Description et évolution du secteur

Ce secteur regroupe principalement la production de pneu et reste assez marginal dans la région qui possède néanmoins, un gros site de production avec plus de 1300 salariés à Béthune. La production est considérée stable, suivant le secteur automobile.

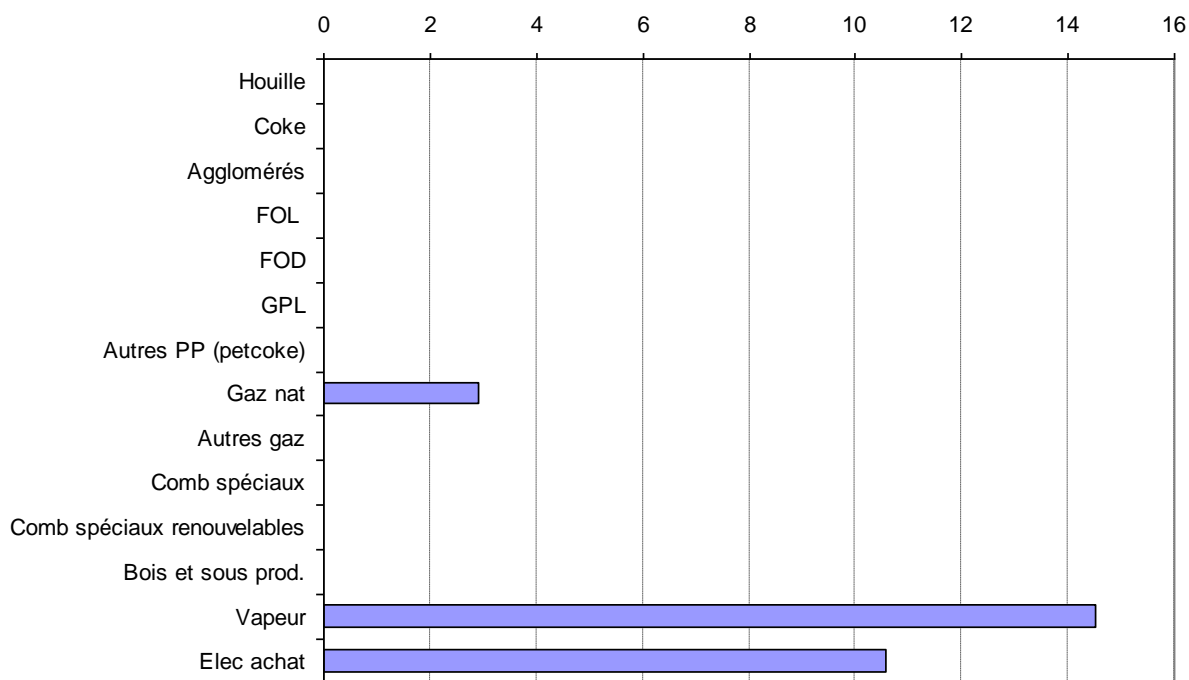
**Figure 72 – Evolution de la production - Caoutchouc**



Source : E&E

### ► Profil énergétique

Figure 73 – Consommation par type d'énergie – Caoutchouc- 2005



Source : SESSI

La consommation d'énergie est dominée par la vapeur, nécessaire pour l'opération de vulcanisation.

### ► Economies d'énergie

Court terme et long terme :

Par manque de données détaillées, seules les améliorations des opérations transverses sont considérées.

### ► Résultat global

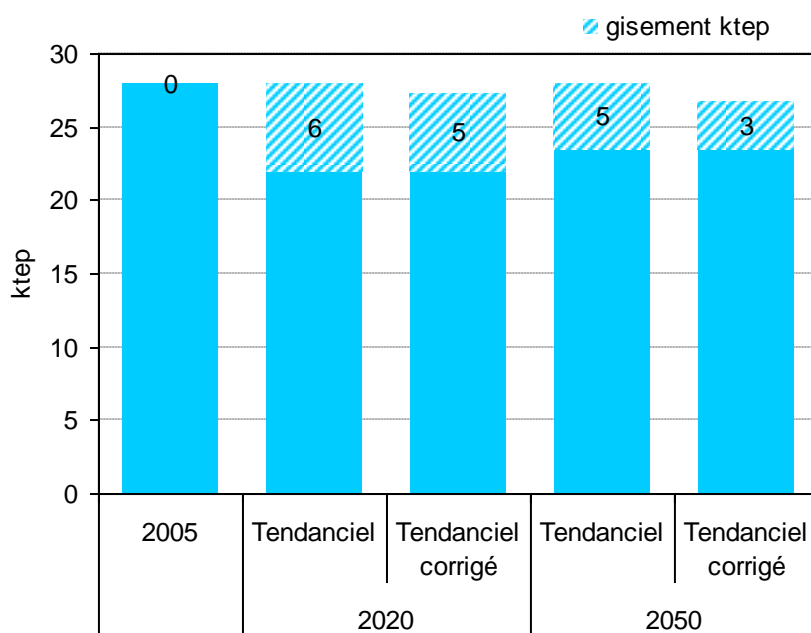
Tableau 31 – gisements d'économies d'énergie et de CO2 - Caoutchouc

		2005	2020	2050
<b>Tendanciel</b>				
Combustible	ktep	3	3	3
Vapeur	ktep	15	15	15
Electricité	ktep	11	11	11
Total*	ktep	28	28	28
Emissions GES	ktCO2	70	70	70
<b>Tendanciel corrigé</b>				
Combustible	ktep	3	3	3
Vapeur	ktep	15	15	15
Electricité	ktep	11	10	9
Total*	ktep	28	27	27
Emissions GES	ktCO2	70	69	69
<b>S_Gisement</b>				
Combustible	ktep	3	2	2
Vapeur	ktep	15	11	14
Electricité	ktep	11	9	7
Total*	ktep	28	22	23
Emissions GES	ktCO2	70	15	13
<b>Gisement d'économies d'énergie</b>				
Potentiel min	ktep	0	5	3
			20%	12%
	ktCO2	0	54	56
			78%	81%
Potentiel max	ktep	0	6	5
			21%	16%
	ktCO2	0	55	57
			78%	81%

\*la différence entre "Total" et combustible+vapeur+électricité correspond à l'autoproduction d'électricité

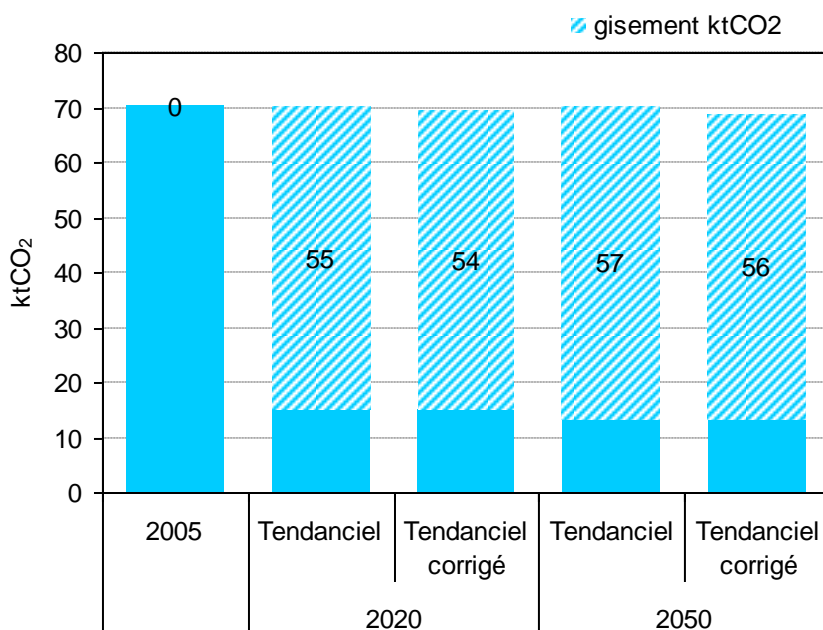
Source : E&E

Figure 74 – Consommation d'énergie des scénarios avec leur potentiel d'économies - Caoutchouc



Source : E&E

Figure 75 – Emissions de GES des scénarios avec leur potentiel d'économies - Caoutchouc



Source : E&E

### ► Potentiel de récupération de chaleur

Par manque de données, on ne retient pas de récupération d'énergie dans le secteur Caoutchouc.

**Tableau 32 – Potentiel de récupération d'énergie et d'utilisation d'énergie basse température – Caoutchouc**

		2020			2050	
		2005	Tendanciel	endanciel corrigé	Tendanciel	endanciel corrigé
S_Gisement	ktep	28	22	22	23	23
gisement	ktep	0	6	5	5	3
S_Gisement	ktCO2	70	15	15	13	13
gisement	ktCO2	0	55	54	57	56

Sources : E&E

#### **IV.5.m. Synthèse par secteur**

*Les 3 tableaux suivants synthétisent les différents résultats par secteur présentés précédemment.*



Tableau 33 – tableau de synthèse 1/3 – Industrie NPDC

		Total		Total sidérurgie		Total hors sidérurgie		Sidérurgie		Sidérurgie		Agro		Agro		Chimie		Chimie	
		2005	2020	2005	2020	2005	2020	2005	2020	2005	2020	2005	2020	2005	2020	2005	2020	2005	2020
<b>Tendanciel</b>																			
	Combustible ktep	5437	5444	2563	2570	2874	2874	2874	2874	2874	2874	710	710	710	710	535	535	535	535
	Vapeur ktep	122	123	121	122	1	1	1	1	1	1	25	25	25	25	39	39	39	39
	Electricité ktep	1645	1655	1267	1277	378	378	378	378	378	212	212	212	212	85	85	85	85	85
	Total* ktep	7058	7075	3812	3830	3640	3640	3640	3640	3640	876	876	876	876	655	655	655	655	655
	Emissions GES kCO2	23179	23209	9206	9236	9236	9236	9236	9236	9236	2522	2522	2522	2522	1278	1278	1278	1278	1278
<b>Tendanciel corrigé</b>																			
	Combustible ktep	5437	5319	2563	2445	2297	2297	2874	2874	2874	710	584	584	584	535	535	535	535	535
	Vapeur ktep	122	123	121	122	122	122	1	1	1	25	25	25	25	39	39	39	39	39
	Electricité ktep	1645	1561	1267	1205	833	833	378	356	334	212	188	174	174	85	79	73	73	73
	Total* ktep	7058	6864	3212	3121	3121	3121	3245	3224	3202	876	736	722	722	655	649	643	643	643
	Emissions GES kCO2	23179	22627	9206	8675	7745	7745	13973	13952	13931	2522	2008	1995	1995	1278	1272	1267	1267	1267
<b>S. Gisement</b>																			
	Combustible ktep	5437	4557	2563	1768	1124	1124	2874	2789	1996	710	408	314	314	535	528	440	440	440
	Vapeur ktep	122	155	121	150	228	228	1	5	9	25	27	38	38	39	25	41	41	41
	Electricité ktep	1645	1407	1267	1106	679	679	378	301	248	212	173	142	142	85	69	57	57	57
	Total* ktep	7058	5980	3813	2893	1900	1900	3245	3087	2245	877	546	433	433	655	616	534	534	534
	Emissions GES kCO2	23179	20058	9206	6459	4689	4689	13973	13600	9707	2522	1515	1384	1384	1278	1117	1203	1203	1203
<b>Gisement d'économies d'énergie</b>																			
	Potentiel min ktep	0	883	0	747	1221	1221	0	136	956	0	189	290	290	0	33	110	110	110
	Potentiel max ktep	0	13%	0	21%	39%	39%	0	4%	30%	0	26%	40%	40%	0	5%	17%	17%	17%
	kCO2	0	2569	0	2217	2856	2856	0	352	4224	0	493	610	610	0	156	63	63	63
	% de récupération	0%	7%	0%	7%	13%	13%	0%	3%	30%	0	25%	31%	31%	0	12%	5%	5%	5%
	Récupération d'énergie ktep	0	1095	0	936	1930	1930	0	158	1000	0	330	444	444	0	39	122	122	122
	Utilisation de chaleur réseau ktep	0	15%	0	24%	50%	50%	0	37%	4266	0	1006	1137	1137	0	161	75	75	75
	Reste pour autres secteurs ktep	0	3151	0	2777	4347	4347	0	373	4266	0	1006	1137	1137	0	161	75	75	75
	% de récupération	0	14%	0	30%	47%	47%	0	3%	31%	0	40%	45%	45%	0	13%	6%	6%	6%
*la différence entre "Total" et combustibles-vapeur-électricité correspond à l'autoproduction d'électricité																			
<b>S. Gisement</b>																			
	Champ d'application ktep	0	1725	0	1321	821	821	0	404	348	0	391	307	307	0	213	134	134	134
	% de récupération	0%	7%	0%	7%	13%	13%	0%	3%	30%	0	25%	31%	31%	0	12%	5%	5%	5%
	Récupération d'énergie ktep	0	114	0	94	103	103	0	20	70	0	20	31	31	0	11	13	13	13
	Utilisation de chaleur réseau ktep	0	60	0	55	113	113	0	4	8	0	7	15	15	0	2	3	3	3
	Reste pour autres secteurs ktep	0	54	0	38	-10	-10	0	16	61	0	13	16	16	0	9	10	10	10

Source : E&E

Tableau 34 – tableau de synthèse 2/3 – Industrie NPDC

	Métallurgie Métallurgie			Papier			Verre			Méca_élec			Ciment		
	2005	2020	2050	2005	2020	2050	2005	2020	2050	2005	2020	2050	2005	2020	2050
<b>Tendanciel</b>															
Combustible ktep	186	186	186	225	225	225	287	287	287	185	185	185	203	203	203
Vapeur ktep	0	0	0	38	38	38	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Electricité ktep	410	410	410	147	147	147	55	55	55	149	149	149	16	16	16
Total* ktep	596	596	596	383	383	383	343	343	343	334	334	334	219	219	219
Emissions GES kTCO2	1046	1046	1046	1064	1064	1064	944	944	944	671	671	671	779	779	779
<b>Tendanciel corrigé</b>															
Combustible ktep	186	186	99	225	225	225	287	287	287	185	185	185	203	203	142
Vapeur ktep	0	0	0	38	38	38	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Electricité ktep	410	402	88	147	138	128	55	53	50	149	140	131	16	15	10
Total* ktep	596	588	187	383	374	365	343	341	338	334	325	316	219	218	152
Emissions GES kTCO2	1046	1039	393	1064	1055	1046	944	941	938	671	662	653	779	778	544
<b>S. Gisement</b>															
Combustible ktep	186	174	88	225	188	60	287	115	57	185	84	21	203	141	49
Vapeur ktep	0	2	2	38	40	44	1	4	8	0	21	43	0	0	1
Electricité ktep	410	384	68	147	123	112	56	38	27	149	141	134	16	11	6
Total* ktep	596	560	158	383	325	190	343	158	93	334	246	199	219	153	56
Emissions GES kTCO2	1046	985	344	1064	820	581	944	403	228	671	519	483	779	544	194
<b>Gisement d'économies d'énergie</b>															
Potentiel min ktep	0	28	29	0	49	175	0	183	245	0	79	117	0	65	96
		5%	15%		13%	48%		54%	73%		24%	37%		30%	63%
TCO2 kTCO2	0	53	49	0	235	465	0	538	711	0	143	170	0	234	350
		5%	13%		22%	44%		57%	76%		22%	26%		30%	64%
Potentiel max ktep	0	36	438	0	58	193	0	186	251	0	88	135	0	67	163
		6%	73%		15%	50%		54%	73%		26%	40%		30%	74%
TCO2 kTCO2	0	61	702	0	244	483	0	541	716	0	152	188	0	235	585
		6%	67%		23%	45%		57%	76%		23%	28%		30%	75%
*la différence entre "Total" et combustible+vapeur+électricité correspond à l'autoproduction d'électricité															
Récupération d'énergie															
<b>S. Gisement</b>															
Champ d'application ktep	2005	2020	2050	2005	2020	2050	2005	2020	2050	2005	2020	2050	2005	2020	2050
% de récupération	0	80	53	0	183	62	0	113	56	0	81	61	0	142	50
Récupération d'énergie ktep	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Utilisation de chaleur réseau ktep	0	8	11	0	18	12	0	11	8	0	8	9	0	14	12
Reste pour autres secteurs ktep	0	2	2	0	4	9	0	3	7	0	21	43	0	0	1
	0	6	8	0	14	3	0	8	2	0	-13	-34	0	14	12

Source : E&E

Tableau 35 – tableau de synthèse 3/3 – Industrie NPDC

	Textile		Textile		Divers		Divers		Mat. cons		Mat. cons		Caout		Caout	
	2005	2020	2050		2005	2020	2050		2005	2020	2050		2005	2020	2050	
<b>Tendanciel</b>																
Combustible	121	121	121		48	55	55		60	60	60		3	3	3	
Vapeur	2	2	2		2	2	2		0	0	0		15	15	15	
Electricité	103	103	103		65	75	75		14	14	14		11	11	11	
Total*	187	187	187		115	133	133		75	75	75		28	28	28	
Emissions GES	436	436	436		202	233	233		194	194	194		70	70	70	
<b>Tendanciel corrigé</b>																
Combustible	121	121	121		48	55	55		60	60	60		3	3	3	
Vapeur	2	2	2		2	2	2		0	0	0		15	15	15	
Electricité	103	97	90		65	70	66		14	14	13		11	10	9	
Total*	187	181	175		115	128	123		75	74	73		28	27	27	
Emissions GES	436	430	424		202	228	224		194	193	192		70	69	69	
<b>S_Gisement</b>																
Combustible	121	54	31		48	44	40		60	32	21		3	2	2	
Vapeur	2	15	28		2	4	7		0	1	2		15	11	14	
Electricité	103	86	69		65	62	50		14	10	7		11	9	7	
Total*	187	115	89		115	110	97		75	43	30		28	22	23	
Emissions GES	436	245	204		202	188	179		194	109	75		70	45	43	
<b>Gisement d'économies d'énergie</b>																
Potentiel min	0	66	86		0	18	27		0	31	44		0	5	3	
		36%	49%			14%	22%			42%	60%			20%	12%	
kICO2	0	185	220		0	41	45		0	84	117		0	54	56	
		43%	52%			18%	20%			44%	61%			78%	81%	
Potentiel max	0	72	98		0	22	36		0	32	45		0	6	5	
		39%	53%			17%	27%			43%	60%			21%	16%	
kICO2	0	192	232		0	45	54		0	85	118		0	55	57	
		44%	53%			19%	23%			44%	61%			78%	81%	
*la différence entre "Total" et combustible+vapeur+électricité correspond à l'autoproduction d'électricité																
Récupération d'énergie																
<b>S_Gisement</b>																
Champ d'application	0	43	36		0	45	43		0	26	16		0	3	3	
% de récupération	0	0	0		0	0	0		0	0	0		0	0	0	
Récupération d'énergie	0	0	0		0	2	4		0	1	2		0	0	0	
Utilisation de chaleur réseau	0	12	26		0	2	5		0	1	2		0	0	0	
<b>Reste pour autres secteurs</b>	0	-12	-26		0	0	-1		0	0	0		0	0	0	

Source : E&E