



# SRCAE

## Schéma Régional du Climat, de l'Air et de l'Énergie du Centre

### RAPPORT

- I. Le bilan énergétique**
- II. L'inventaire des émissions de GES**
- III. L'analyse de la vulnérabilité du territoire aux effets des changements climatiques**
- IV. L'inventaire des émissions de polluants atmosphériques et la qualité de l'air**
- V. L'évaluation des potentiels d'économies d'énergie et des gains d'émissions de gaz à effet de serre**
- VI. L'évaluation du potentiel de développement des énergies renouvelables**
- VII. Les scénarios pour 2020 et 2050**



# Table des matières

<b>I. Le bilan énergétique.....</b>	<b>45</b>
I.1 La consommation régionale d'énergie finale.....	46
I.2 La consommation sectorielle d'énergie finale.....	48
I.3 La production d'énergie primaire en région Centre.....	55
I.4 La production d'énergies renouvelables en région Centre.....	56
I.5 Conclusion.....	66
<b>II. L'inventaire des émissions de GES.....</b>	<b>69</b>
II.1 L'inventaire des émissions régionales de gaz à effet de serre.....	70
II.2 L'inventaire sectoriel des émissions de gaz à effet de serre.....	73
<b>III. L'analyse de la vulnérabilité du territoire aux effets des changements climatiques.....</b>	<b>89</b>
III.1 L'adaptation aux changements climatiques.....	90
III.2 La vulnérabilité de la région aux changements climatiques.....	90
<b>IV. L'inventaire des émissions de polluants atmosphériques et la qualité de l'air.....</b>	<b>97</b>
IV.1 Les acteurs de la surveillance de la qualité de l'air.....	98
IV.2 Le réseau de surveillance de la qualité de l'air.....	99
IV.3 La qualité de l'air et ses effets sanitaires.....	101
IV.4 Les conséquences de la pollution de l'air autres que sanitaires.....	118
IV.5 Les zones sensibles.....	121
IV.6 Le bilan de la pollution atmosphérique depuis 2005.....	123
<b>V. L'évaluation des potentiels d'économies d'énergie et des gains d'émissions de gaz à effet de serre.....</b>	<b>131</b>
V.1 Les potentiels d'économies d'énergie et les gains d'émissions de GES dans le secteur résidentiel.....	132
V.2 Les potentiels d'économies d'énergie et les gains d'émissions de GES dans le secteur tertiaire.....	135
V.3 Les potentiels d'économies d'énergie et les gains d'émissions de GES dans le secteur industriel.....	136
V.4 Les potentiels d'économies d'énergie et les gains d'émissions de GES dans le secteur des déchets.....	137
V.5 Les potentiels d'économies d'énergie et les gains d'émissions de GES dans le secteur agricole.....	137
V.6 Les potentiels d'économies d'énergie et les gains d'émissions de GES dans le secteur du transport.....	140
V.7 Quelques exemples chiffrés.....	142

<b>VI. L'évaluation du potentiel de développement des énergies renouvelables</b>	<b>145</b>
VI.1 Le potentiel de développement de la biomasse.....	146
VI.2 Le potentiel de développement de l'éolien.....	151
VI.3 Le potentiel de développement du solaire.....	154
VI.4 Le potentiel de développement de la géothermie.....	158
VI.5 L'énergie hydraulique.....	164
<b>VII. Les scénarios pour 2020 et 2050.....</b>	<b>165</b>
VII.1 Le cadre de la prospective.....	166
VII.2 Les perspectives pour 2020 et 2050.....	167

# **I. Le bilan énergétique**

**I.1 La consommation régionale d'énergie finale**

**I.2 La consommation sectorielle d'énergie finale**

**I.3 La production d'énergie primaire en région Centre**

**I.4 La production d'énergies renouvelables en région  
Centre**

**I.5 Conclusion**



## Contenu du rapport du SRCAE

L'article R.222-2-I du code de l'environnement prévoit que le rapport du SRCAE comprend « un bilan énergétique présentant la consommation énergétique finale des secteurs résidentiel, tertiaire, industriel, agricole, du transport et de la branche énergétique et l'état de la production des énergies renouvelables terrestres et de récupération ».

La présente partie du rapport présente :

- Dans le paragraphe I.1, un aperçu de la consommation régionale d'énergie finale ;
- Dans le paragraphe I.2, la consommation sectorielle d'énergie finale ;
- Dans le paragraphe I.3, la production d'énergie primaire régionale ;
- Dans le paragraphe I.4, l'état de la production des énergies renouvelables et de récupération.

Un document présentant les ordres de grandeurs et les unités relatives à l'énergie est présent à la fin de cette partie.

### I.1 La consommation régionale d'énergie finale

#### Qu'est-ce que l'énergie primaire et l'énergie finale ?

L'énergie primaire est l'énergie disponible avant toute transformation (pétrole brut, gaz naturel, ...). L'énergie finale est l'énergie livrée à l'utilisateur pour sa consommation (électricité, essence raffinée, ...). L'énergie finale est obtenue à partir de l'énergie primaire, après transformation. La conversion de l'énergie finale en énergie primaire fait intervenir un coefficient qui traduit le rendement de l'installation de conversion.

En France, la production de 1 kWh d'électricité (énergie finale) est considérée comme nécessitant 2,58 kWh d'énergie primaire. Pour les combustibles, l'énergie finale et l'énergie primaire sont considérées comme étant identiques.

#### I.1.1 L'évolution de la consommation énergétique finale

En région Centre, la consommation d'énergie finale s'est élevée à 6.414 ktep en 2008 et a enregistré une hausse de 4,4% par rapport à l'année précédente.

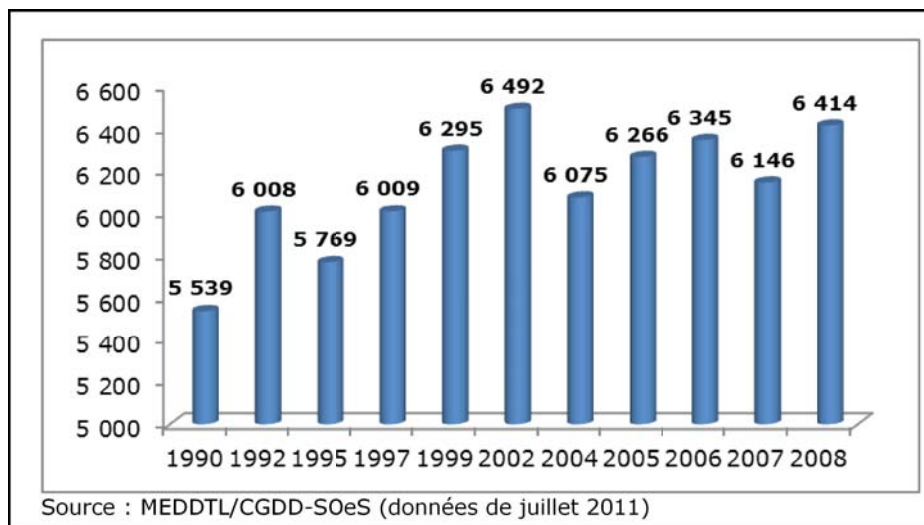
#### Qu'est-ce que la tonne équivalent pétrole ?

La tonne équivalent pétrole (tep) est une unité de mesure couramment utilisée par les économistes de l'énergie pour comparer les énergies entre elles. C'est l'énergie produite par la combustion d'une tonne de pétrole moyen. 1 tep équivaut à 11.628 kWh.

La consommation régionale d'énergie finale représente, en 2008, 4% du total de la consommation des régions. Rapportée à la population régionale, la consommation d'énergie finale est de 2,5 tep par habitant et par an, légèrement en dessous de la moyenne de

l'ensemble des régions, qui est de 2,6 tep par habitant et par an. Sur ce critère, la région se positionne au 9<sup>ème</sup> rang des régions les moins consommatrices.

□ **Evolution de la consommation énergétique finale entre 1990 et 2008 (en ktep)**

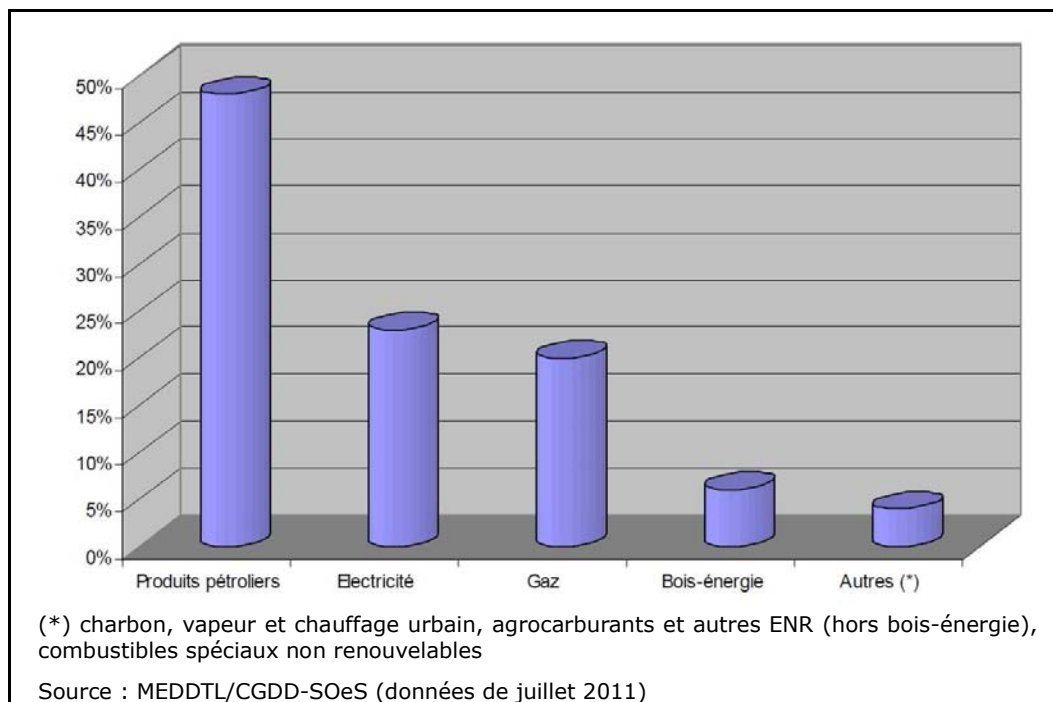


Depuis 1990, la consommation d'énergie en région Centre varie entre 5.500 et 6.500 ktep. Le niveau de consommation le plus élevé a été enregistré en 2002 (6.492 ktep).

Une hausse globale est observée depuis 1990, de près de 16% entre 1990 et 2008.

**I.1.2 La consommation énergétique finale par type d'énergie**

□ **La consommation énergétique régionale en 2008 par type d'énergie**



En région Centre, les produits pétroliers (48%) sont l'énergie la plus consommée devant l'électricité (23%), le gaz naturel (20%) et le bois-énergie (6%). La consommation d'énergie finale repose à plus des 2/3 sur les hydrocarbures.

□ **Comparaison de la répartition par type d'énergie de la consommation énergétique finale en 2008 en région Centre et au niveau national (France métropolitaine)**

	<b>Région Centre</b>	<b>France métropolitaine</b>
<b>Produits pétroliers</b>	<b>48%</b>	<b>43%</b>
<b>Électricité</b>	<b>23%</b>	<b>23%</b>
<b>Gaz naturel</b>	<b>20%</b>	<b>21%</b>
<b>Bois-énergie</b>	<b>6%</b>	<b>5%</b>
<b>Autres<sup>(*)</sup></b>	<b>4%</b>	<b>8%</b>

(\*) charbon, vapeur et chauffage urbain, agrocarburants et autres ENR (hors bois-énergie), combustibles spéciaux non renouvelables

Source : MEDDTL/CGDD-SOeS (données de juillet 2011)

La comparaison de la situation de la région, par rapport à la France métropolitaine, met en évidence une dépendance aux produits pétroliers plus importante en région Centre où ce type d'énergie représente près de la moitié des besoins en énergie finale.

## **I.2 La consommation sectorielle d'énergie finale**

### **I.2.1 La présentation des secteurs d'activités**

Les secteurs pris en compte sont issus du découpage sectoriel utilisé par le Service Observation et Statistiques (SOeS) du Commissariat général au Développement durable (Ministère de l'Écologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement).

Ce découpage comporte les 4 secteurs suivants :

- Le secteur résidentiel et tertiaire, qui correspond aux consommations liées au logement des ménages et aux activités de service ;
- le secteur industriel, qui comprend les activités industrielles autres que celles de transformation de l'énergie ;
- le secteur agricole, qui comprend la culture, l'élevage, la sylviculture ;
- le secteur du transport, qui comprend les consommations des véhicules, qu'ils appartiennent à des ménages ou à des entreprises.

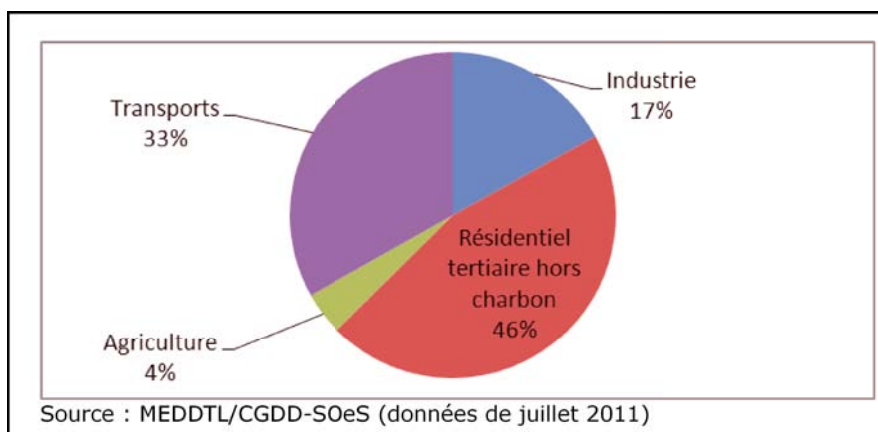
Enfin, les activités de transformation de l'énergie, qui ne figurent pas dans le secteur industriel, sont prises en compte dans la branche énergétique, qui fait l'objet d'un traitement à part des autres secteurs.



## I.2.2 Une vue d'ensemble de la consommation des secteurs

### I.2.2.1 La répartition de la consommation dans les différents secteurs

- Répartition de la consommation d'énergie finale en région Centre par secteur en 2008



Le secteur résidentiel tertiaire est celui qui consomme le plus d'énergie et représente 46% de l'énergie finale consommée en région (le résidentiel représente 31% de la consommation régionale et le tertiaire 15%). Il est suivi par le secteur du transport (33%) et les secteurs de l'industrie et de l'agriculture, qui représentent respectivement 17 et 4 % de la consommation régionale.

- Comparaison de la répartition par secteur d'activités des consommations énergétiques finales 2008 en région Centre et au niveau national (France métropolitaine)

	Région Centre	France métropolitaine
Résidentiel-tertiaire	46%	41%
Transport	33%	32%
Industrie	17%	25%
Agriculture	4%	2%

Source : MEDDTL/CGDD-SOeS (données de juillet 2011)

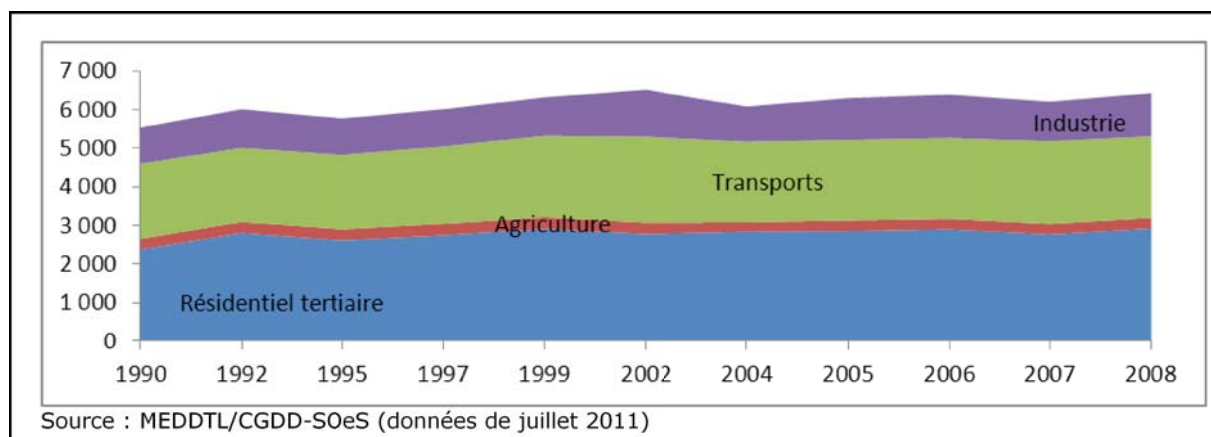
La comparaison de la situation de la région par rapport à la France métropolitaine met en évidence l'importance en proportion de la consommation du secteur résidentiel tertiaire et du secteur agricole. A contrario, la consommation du secteur industriel apparaît moins importante.

### I.2.2.2. L'évolution de la consommation dans les différents secteurs

Le graphique qui suit montre l'évolution de la consommation finale d'énergie en région Centre par secteur pour la période allant de 1990 à 2008. Durant cette période, la consommation finale énergétique en France métropolitaine s'est accrue de 18%. En région Centre,

l'augmentation a été de 16% faisant passer la consommation de 5.539 ktep en 1990 à 6.414 ktep en 2008.

□ **Évolution de la consommation d'énergie finale par secteur (en ktep)**



De 1990 à 2008, la plupart des secteurs ont vu leur consommation augmenter. Ainsi, la consommation du secteur résidentiel-tertiaire a évolué de +23%, celle de l'industrie de +16%, celle du transport de +10%. Seul le secteur agricole semble présenter une consommation stable, qui est le résultat d'une période de hausse entre 1990 et 2000, suivie d'une baisse de sa consommation énergétique finale à partir de l'année 2000.

**I.2.2.3 La consommation des différents types d'énergies par secteur d'activités**

□ **Consommation des différents types d'énergie par secteur d'activités en 2008**

	Résidentiel-tertiaire	Transport	Industrie	Agriculture	Total
Produits pétroliers	25%	64%	4%	7%	100%
Electricité	71%	4%	24%	2%	100%
Gaz naturel	58%	0%	41%	1%	100%
Bois énergie	91%	0%	9%	0%	100%

Source : MEDDTL/CGDD-SOeS (données de juillet 2011)

**Les produits pétroliers :** ils représentent près de la moitié (48%) de la consommation énergétique régionale. 64% de ces produits sont utilisés dans le secteur du transport et 25% dans le résidentiel-tertiaire.

**L'électricité :** elle représente près d'un quart de l'énergie consommée (23%). Les secteurs résidentiel-tertiaire et industriel sont les principaux consommateurs avec respectivement 71% et 24%.

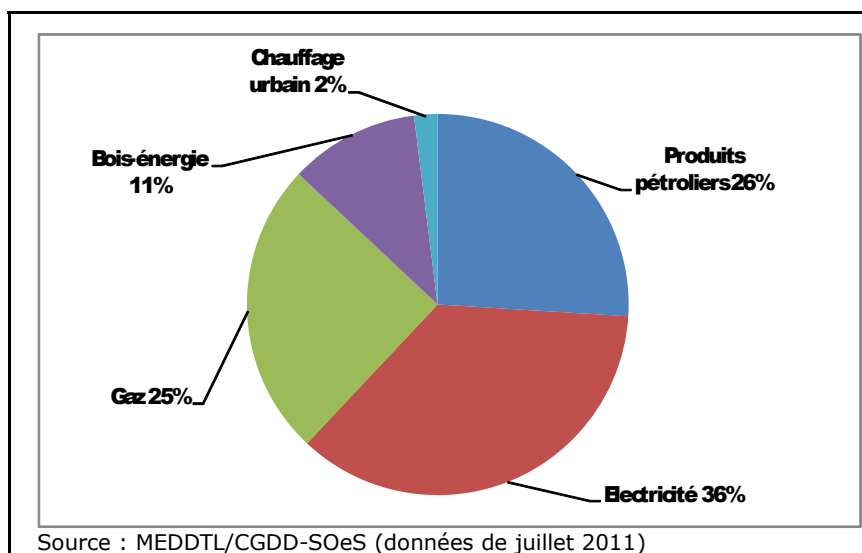
**Le gaz naturel :** il représente 20% de l'énergie utilisée en région, principalement par les secteurs résidentiel-tertiaire (58%) et industriel (41%).

**Le bois énergie** : il représente 6% de la consommation globale d'énergie et il est presque exclusivement consommé par le secteur résidentiel-tertiaire (91%).

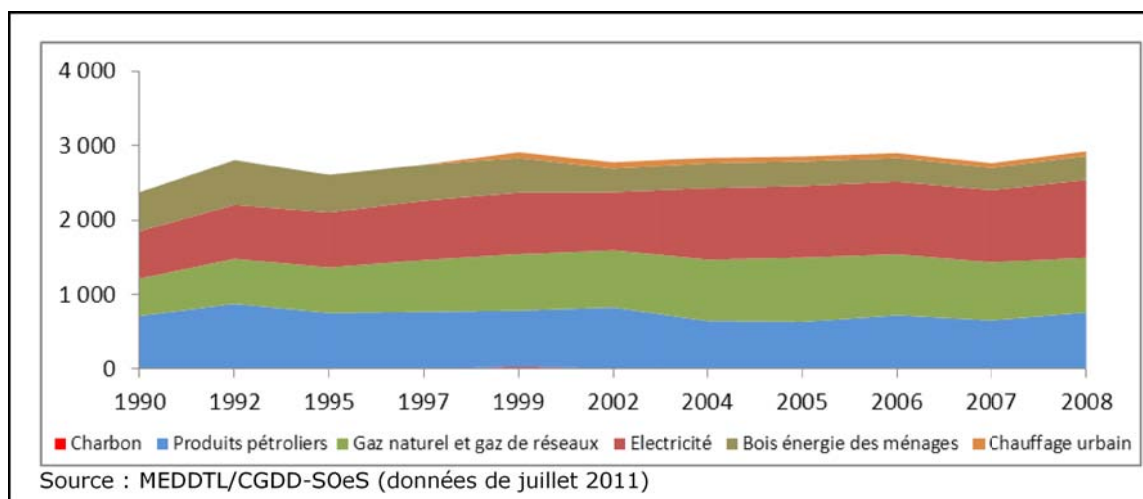
Les autres énergies telles que les énergies renouvelables, autres que le bois-énergie, les achats de vapeur et les combustibles spéciaux non renouvelables, sont utilisées pour 55% dans l'industrie et 45% dans le secteur résidentiel tertiaire.

### I.2.3 La situation du secteur résidentiel tertiaire

#### □ Secteur résidentiel tertiaire



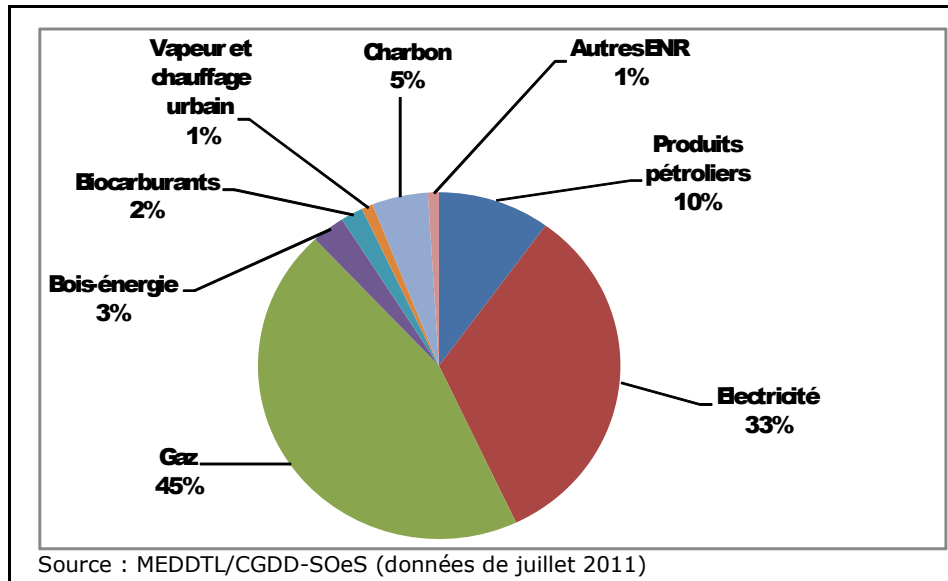
L'électricité représente près de 36% de la consommation d'énergie finale du secteur. Les hydrocarbures (gaz et produits pétroliers) répondent à plus de la moitié des besoins énergétiques.



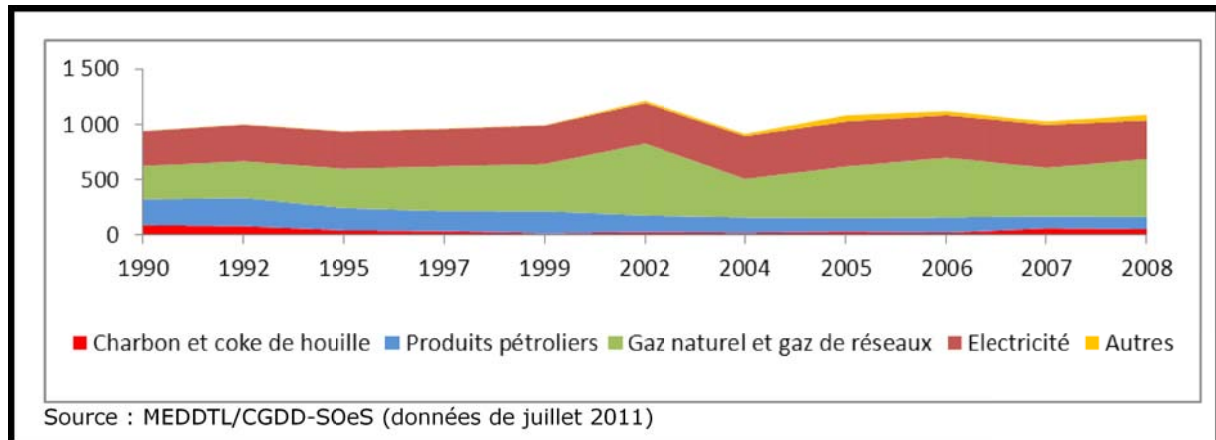
Pour ce secteur, la tendance globale observée depuis 1990 est à l'augmentation des besoins énergétiques, avec une part de l'électricité en augmentation significative (en 1990, l'électricité représentait à peine 27% des besoins énergétiques de ce secteur).

## I.2.4 La situation du secteur industriel

### □ Secteur industriel



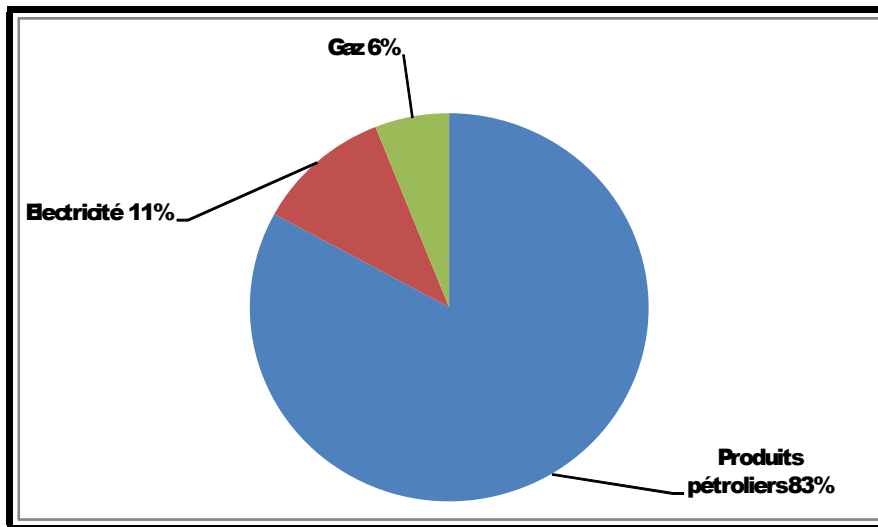
Dans le secteur industriel, les hydrocarbures représentent 55% de l'énergie finale consommée. Le gaz à lui seul représente 45% de la consommation énergétique finale de ce secteur.



Depuis 1990, la part des produits pétroliers n'a cessé de diminuer au profit notamment du gaz naturel.

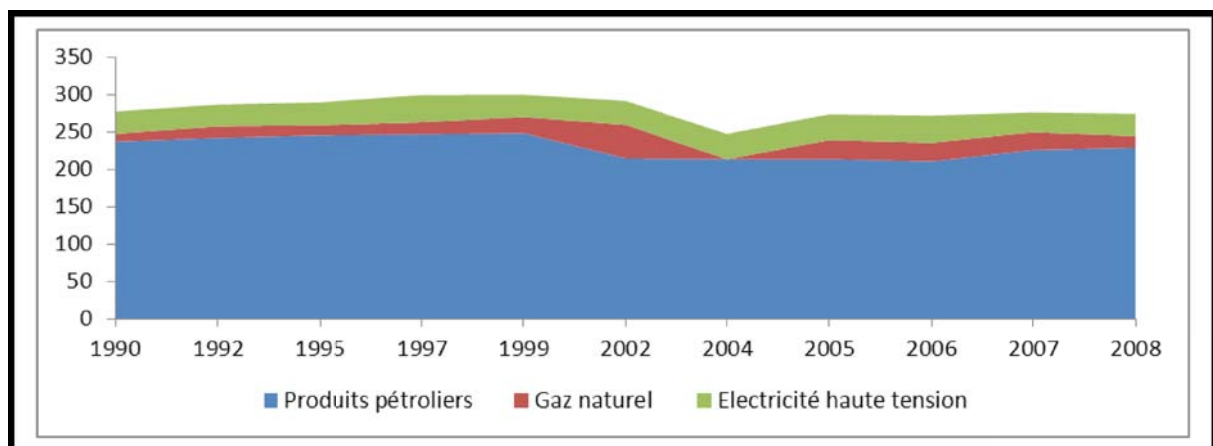
## I.2.5 La situation du secteur agricole

### □ Secteur agricole



Source : MEDDTL/CGDD-SOeS (données de juillet 2011)

Dans le secteur agricole, les produits pétroliers représentent 83% de l'énergie finale consommée.

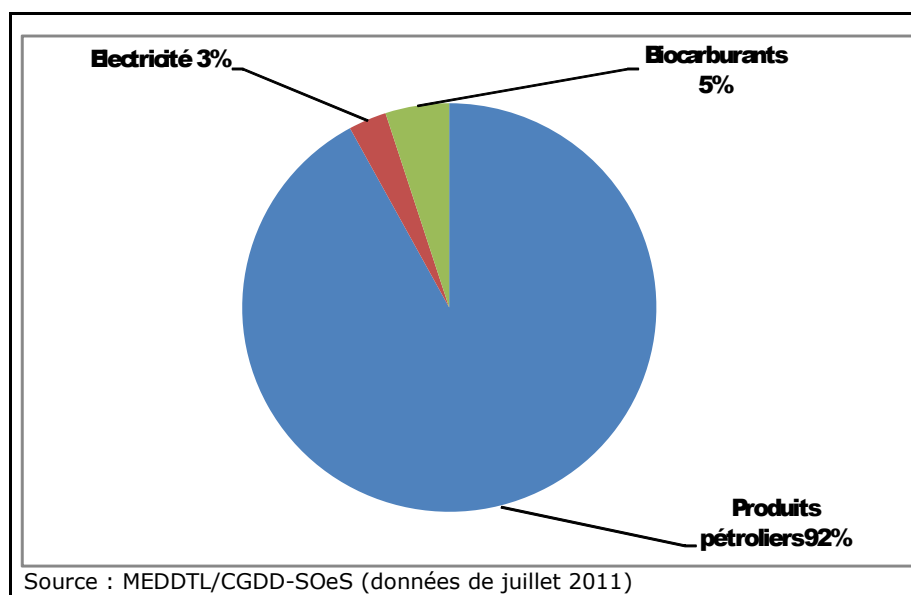


Source : MEDDTL/CGDD-SOeS (données de juillet 2011)

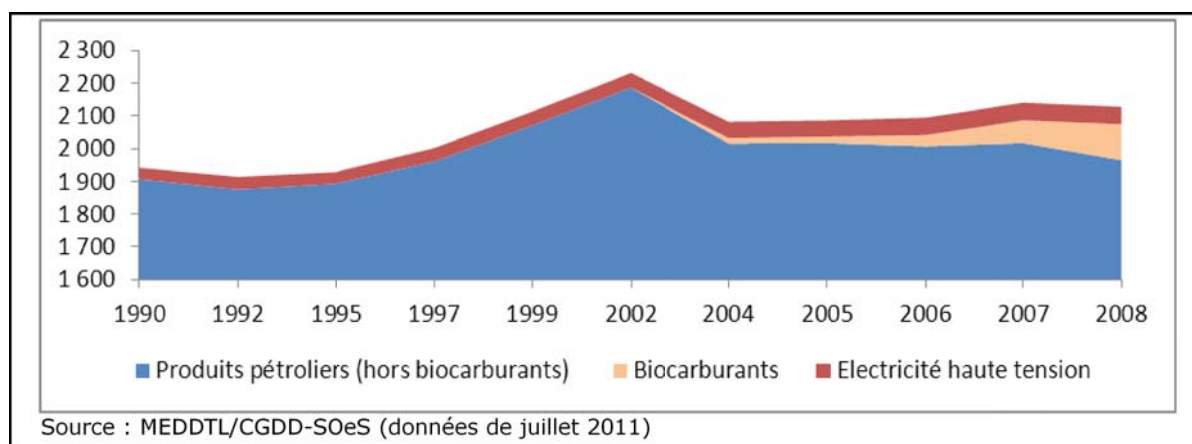
La consommation apparaît globalement stable depuis 1990.

## I.2.6 La situation du secteur du transport

### □ Secteur du transport



Dans le secteur du transport, les produits pétroliers représentent 92% de l'énergie finale consommée.



Depuis 2002, les agrocaburants ont fait leur apparition et prennent une place de plus en plus importante dans la consommation énergétique finale du secteur. La raison principale est leur introduction dans les carburants et l'évolution de leur proportion au fil des ans.

## **I.2.7 La situation de la branche énergétique**

Pour les centrales thermiques classiques (y compris la cogénération) de la région, la consommation énergétique a été estimée par le SOeS à 4.248 GWh PCI en 2008. La consommation repose à 67 % sur des combustibles fossiles, représentant 2.840 GWh PCI et à 33 % sur des combustibles renouvelables (1.408 GWh PCI).

Dans le cas des centrales thermiques classiques en cogénération, la consommation énergétique, en 2008, a été de 3.057 GWh PCI. La part des combustibles fossiles représente 92% (2.820 GWh PCI) et celle des combustibles renouvelables 8% (237 GWh PCI).

### **Qu'est-ce que le GWh PCI ?**

L'énergie consommée dans les centrales thermiques est exprimée en GWh PCI.

1 GWh correspond à un million de kWh.

Le PCI est le pouvoir calorifique inférieur d'un combustible, il traduit la quantité d'énergie que peut fournir une quantité de combustible. C'est l'énergie thermique libérée par la réaction de combustion d'un kilogramme de combustible.

Les centrales thermiques utilisent différents combustibles : produits pétroliers, gaz, bois-énergie, ... . Chacun a un pouvoir calorifique propre. Aussi, l'énergie consommée a été évaluée à partir de la quantité d'énergie théoriquement récupérable que représente la combustion de ces différents combustibles.

## **I.3 La production d'énergie primaire en région Centre**

### **I.3.1 Une vue d'ensemble de la production énergétique régionale**

En 2008, la production régionale d'énergie primaire est de 20.378 ktep (hors énergies renouvelables thermiques), soit 17% environ de la production en France métropolitaine. Cette production se répartit en :

- Une production nette d'électricité primaire d'origine nucléaire représentant 20.250 ktep ;
- Une production d'électricité d'origine renouvelable représentant 84 ktep (hors énergies renouvelables thermiques) ;
- Une production de pétrole de 44.000 tonnes (44 ktep).

La production d'électricité thermique classique (hors nucléaire) est de 85 ktep, dont 17 ktep hors cogénération et 68 ktep en cogénération.

### **I.3.2 La production d'énergies non renouvelables**

#### ***I.3.2.1 La production d'électricité***

La région Centre est un important pôle de production d'électricité d'origine nucléaire, qui représente près de 19% de la production nationale.

Elle est assurée par les centrales nucléaires de production électrique (CNPE) suivantes :

- Belleville-sur-Loire (18), qui comporte 2 tranches de type REP (réacteur à eau pressurisée) d'une puissance unitaire de 1.300 MW ;

- Chinon (37), qui comporte 4 tranches de type REP d'une puissance unitaire de 900 MW ;
- Saint-Laurent-des-Eaux (41), qui comporte 2 tranches de type REP d'une puissance unitaire de 900 MW ;
- Dampierre-en-Burly (45), qui comporte 4 tranches de type REP d'une puissance unitaire de 900 MW.

La région Centre abrite donc 4 des 19 centrales nucléaires du parc français et 12 des 58 réacteurs. En 2008, la production en région Centre d'électricité primaire nucléaire a été de 77.702 GWh (77,7 TWh).

### **I.3.2.2 La production pétrolière**

En région Centre, le niveau de production de pétrole est stable depuis une dizaine d'années. En 2008, 44.305 tonnes de pétrole brut ont été produites. Cette production est issue de l'exploitation dans le Loiret des réserves du néocomien sur les communes de Chuelles, Châteaurenard, Saint-Firmin-des-Bois et Courtenay. Elle est réalisée dans le cadre de deux concessions de mines d'hydrocarbures liquides ou gazeux. Des permis de recherches ont également été accordés. L'ensemble de ces travaux miniers ne concerne pas les gaz de schiste.

La production de la région Centre représentait, en 2008, environ 4,5 % de la production nationale (un peu moins d'un million de tonnes de pétrole brut a été produit en France métropolitaine). L'ensemble des champs du bassin de Paris et des régions Ile-de-France, Bourgogne, Champagne-Ardenne et Centre, représente plus de la moitié de la production nationale. Les gisements français produisent un peu plus de 1% de la consommation nationale de pétrole.

## **I.4 La production d'énergies renouvelables en région Centre**

### **I.4.1 Un aperçu de la géographie de la région Centre**

La région Centre a une superficie de 39.151 km<sup>2</sup> soit environ 7% du territoire métropolitain (4<sup>ème</sup> rang). La densité de population est d'environ 65 habitants par km<sup>2</sup>, soit une valeur inférieure à la moyenne nationale (114 km<sup>2</sup>).

La région Centre est au 4<sup>ème</sup> rang des régions en termes de superficie de forêt. Son taux de boisement moyen est de 24%. La forêt de Sologne constitue le deuxième massif forestier plus important en France.

La géographie régionale s'est révélée propice au développement de grands parcs éoliens, avec en particulier la plaine de la Beauce. Malgré le faible relief, une production hydroélectrique est également présente.

#### **Quelles sont les énergies renouvelables ?**

La loi Grenelle I définit la liste des énergies renouvelables. Il s'agit des énergies éolienne, solaire, géothermique, aérothermique, hydrothermique, marine et hydraulique, ainsi que de l'énergie issue de la biomasse, du gaz de décharge, du gaz de stations d'épuration d'eaux usées et du biogaz.

### **I.4.2 L'hydroélectricité**

La région Centre compte 22 installations hydroélectriques dont les 3 barrages situés sur la rivière Creuse à Eguzon, Roche-au-Moine et Roche-Bat-l'Aigue. La puissance hydraulique



installée est stable depuis plusieurs années et s'élève à 91 MW. La production hydraulique varie suivant les années mais est en moyenne de l'ordre de 140 GWh soit 12 ktep.

### **I.4.3 La biomasse**

#### **Qu'est-ce que la biomasse ?**

La biomasse est la fraction biodégradable des produits, déchets et résidus provenant de l'agriculture, y compris les substances végétales et animales issues de la terre et de la mer, de la sylviculture et des industries connexes, ainsi que la fraction biodégradable des déchets industriels et ménagers.

Durant sa croissance, la biomasse doit consommer une grande quantité de dioxyde de carbone. Ce dioxyde sera ensuite libéré dans l'air quand le bois se décomposera ou lors de sa combustion. Le gaz sera alors de nouveau absorbé par la biomasse. Il y a donc un équilibre, et l'impact est neutre sur l'effet de serre, contrairement aux énergies fossiles qui libèrent de grandes quantités de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère.

En particulier, le terme biomasse recouvre :

- La biomasse solide ;
- Le biogaz ;
- L'agrocarburant encore appelé biocarburant.

#### **La biomasse solide**

La biomasse solide représente les matériaux d'origine biologique qui peuvent être employés comme combustible pour la production de chaleur ou d'électricité. Ce sont principalement les ressources ligneuses (à base de lignine) d'origine forestière, agricole ou urbaine, aussi appelées bois-énergie : le bois bûche, les granulés de bois, les déchets de bois sous forme de plaquette ou de sciure... Ce sont aussi les matières organiques telles que la paille, les résidus de récoltes et les matières animales. Enfin, les liqueurs noires, issues de l'industrie papetière, et les déchets urbains solides renouvelables sont aussi considérés comme biomasse solide.

#### **Le biogaz**

Le biogaz est un gaz combustible, mélange de méthane et de gaz carbonique, additionné de quelques autres composants. Le préfixe bio (vivant) indique sa provenance : les matières organiques, qui libèrent le biogaz lors de leur décomposition selon un processus de fermentation. La formation de biogaz est un phénomène naturel que l'on peut observer par exemple dans les marais. Le biogaz peut être produit sur différents types de sites :

- Les Installations de Stockage de Déchets Non Dangereux (ISDND) ;
- Les Stations d'Épuration urbaines ou industrielles (STEP) ;
- Les installations de méthanisation des ordures ménagères ;
- Les installations dédiées à la méthanisation, de type agricole.

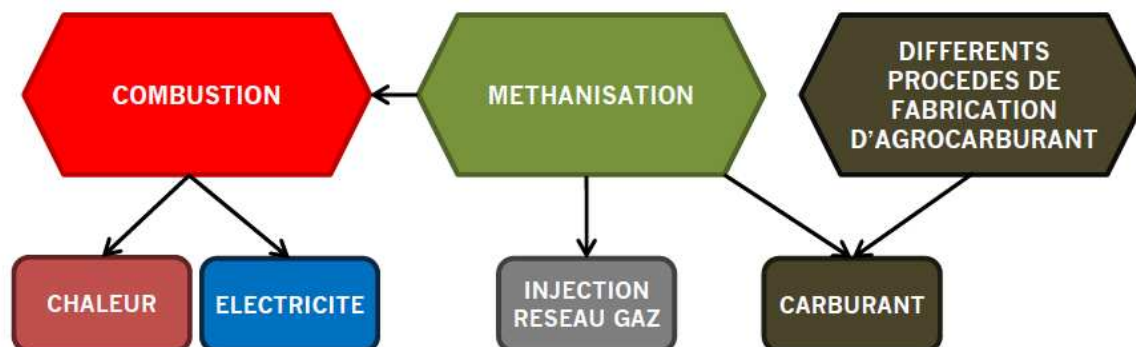
#### **L'agrocarburant**

L'agrocarburant est un combustible liquide ou gazeux utilisé par le transport et produit à partir de la biomasse. On distingue trois générations d'agrocarburant suivant leur mode de production et leur apparition dans le temps :

- Première génération : production à partir de la biomasse agricole et de ses co-produits - stade de production industrielle ;
- Deuxième génération : production à partir de plantes entières et de bois - stade de recherche ;
- Troisième génération : production à partir de micro-algues - stade de recherche (peu avancé).

Sur le plan énergétique, la biomasse peut être valorisée sous trois formes :

- Chaleur ;
- Electricité ;
- Carburant.



Source : AXENNE (2011)

La production annuelle d'énergie issue de la biomasse se monte à 5.000 GWh/an (430.000 tep) en 2010 soit 6,7% de la consommation énergétique régionale. L'énergie produite est majoritairement thermique (93%), avec une prépondérance du bois énergie.

La production d'énergie à partir de biomasse solide est estimée à 407 ktep/an, soit 4.730 GWh/an.

La production estimée d'énergie à partir de biogaz est 6 ktep/an, soit 70 GWh/an.

#### ➤ **La biomasse solide**

On recense 104 chaufferies bois à fin 2010 en région Centre. La plupart des installations sont réalisées par des collectivités et des entreprises du bois. La majeure partie de la production est issue des chaudières des entreprises du bois (60%).

Le CEREN estime qu'en 2006, 35,5% des ménages de la région Centre utilisaient le bois énergie, en appoint ou en base, soit 291.900 maisons individuelles. Parmi celles-ci, 78.600 utilisaient le bois énergie comme chauffage de base. La production d'énergie de chauffage des ménages à partir de bois représente les  $\frac{3}{4}$  de la production d'énergie à partir de la biomasse ce qui correspond à 5% de la consommation énergétique de la région.








#### ➤ **Le biogaz**

Fin 2010, la région Centre comptait neuf installations de valorisation de biogaz : trois installations de type agricole, deux STEP et quatre ISDND.

#### ➤ **Les agrocarburants**

Il existe deux sites de production de bioéthanol agréés par le gouvernement en région Centre : les sucreries de Toury et Artenay. Elles produisent toutes deux du bioéthanol à partir de betteraves.

Le programme « Huiles Végétales Pures », a pour but d'étudier les conditions économiques et techniques de développement de la production d'HVP (Huile Végétale Pure) pour une utilisation en agrocarburant. Actuellement, les acteurs du programme HVP estiment à environ 6.400 ha les cultures de colza et tournesol initialement dédiées au pressage d'huile.

<b>Bilan de la biomasse énergie 2010</b>		<b>CENTRE</b>
<b>PRODUCTION DE CHALEUR</b>	<b>Bois énergie (chaudières coll et ind.)</b> nb installations puissance installée (kW) tonne de bois valorisés par an <b>production annuelle (MWh/an)</b> équivalent tep/an rejet de CO <sub>2</sub> évité (tCO <sub>2</sub> /an)	 104 216 745 kW 286 204 t <b>892 154 MWh/an</b> 76 725 264 970
	<b>Bois énergie (chaudières ind., poêles et cheminées) Estimation</b> tonne de bois valorisés par an <b>production annuelle (MWh/an)</b> équivalent tep/an rejet de CO <sub>2</sub> évité (tCO <sub>2</sub> /an)	 1 232 570 <b>3 697 700 MWh/an</b> 318 000 1 161 078
	<b>Biogaz</b> nb de sites <b>production de chaleur (MWh/an)</b> équivalent tep/an rejet de CO <sub>2</sub> évité (tCO <sub>2</sub> /an)	 6 <b>20 364 MWh/an</b> 1 751 6 048
	<b>Incinération</b> nb de site <b>production de chaleur (MWh/an)</b> équivalent tep/an rejet de CO <sub>2</sub> évité (tCO <sub>2</sub> /an)	 4 <b>23 765 MWh/an</b> 2 044 7 058
	<b>TOTAL PRODUCTION THERMIQUE (MWh/an)</b> <b>production annuelle thermique (MWh/an)</b> équivalent tep/an rejet de CO <sub>2</sub> évité (tCO <sub>2</sub> /an)	 <b>4 634 000 MWh/an</b> 398 520 1 439 154
	<b>Biogaz</b> nb de site <b>production d'électricité (MWh/an)</b> équivalent tep/an rejet de CO <sub>2</sub> évité (tCO <sub>2</sub> /an)	 6 <b>48 139 MWh/an</b> 4 140 14 442
<b>Incinération</b> nb de site <b>production d'électricité (MWh/an)</b> équivalent tep/an rejet de CO <sub>2</sub> évité (tCO <sub>2</sub> /an)	 6 <b>117 103 MWh/an</b> 10 071 35 131	
<b>TOTAL PRODUCTION ELECTRIQUE (MWh/an)</b> <b>production annuelle électrique (MWh/an)</b> équivalent tep/an rejet de CO <sub>2</sub> évité (tCO <sub>2</sub> /an)	 <b>165 200 MWh/an</b> 14 211 49 572	
<b>CARBURANTS</b> <b>Agrocarburants</b> <b>Production annuelle (MWh/an)</b> équivalent tep/an	 <b>202 500 MWh/an</b> 17 415	
<b>TOTAL TOUTES ENERGIES RENOUVELABLES</b> <b>production annuelle (MWh/an)</b> équivalent tep/an rejet de CO <sub>2</sub> évité (tCO <sub>2</sub> /an)	 <b>5 001 700 MWh/an</b> 430 100 1 488 726	

Source : AXENNE (2011)

#### **I.4.4 L'énergie éolienne**

Héritiers des moulins à vent, les éoliennes ou aérogénérateurs utilisent la force du vent pour la transformer en électricité.

La machine se compose de pales (3 en général) portées par un rotor et installées au sommet d'un mât vertical. Cet ensemble est fixé sur une nacelle qui abrite un générateur. Un moteur électrique permet d'orienter la partie supérieure afin qu'elle soit toujours face au vent.

Le vent fait tourner les pales entre 10 et 25 tours par minute. Le générateur transforme l'énergie mécanique ainsi créée en énergie électrique et adapte l'électricité produite aux normes du réseau.

Les éoliennes fonctionnent pour des vitesses de vent comprises entre 15 et 90 km/h (4 à 25 m/s). Au-delà, elles sont arrêtées pour raison de sécurité.

Bien au point techniquement, la production électrique éolienne est en plein essor. L'énergie du vent contribue à diversifier la production électrique de façon décentralisée, en ne produisant directement ni polluants, ni CO<sub>2</sub> et sans crainte d'épuisement de la ressource.

Le parc en région Centre est essentiellement composé d'éoliennes industrielles. Ce sont des machines de grandes tailles : le mât est en général deux fois plus haut que la longueur des pales, soit de l'ordre de 100 m pour des pales de 50 m. Ces grands aérogénérateurs développent une puissance d'environ 2,5 MW, ce qui permet d'alimenter en électricité environ 2.500 foyers (hors chauffage).

La puissance développée par les éoliennes est fonction de la vitesse du vent ; dans la plage de fonctionnement de l'éolienne, elle est approximativement proportionnelle au cube de cette vitesse.

En France, l'installation des parcs éoliens est soumise à l'une des législations les plus strictes en Europe. Les textes en vigueur soumettent la construction des parcs éoliens à la délivrance d'un permis de construire et d'une autorisation d'exploiter au titre de la réglementation des installations classées pour la protection de l'environnement. Ces autorisations sont délivrées par le préfet de département au vu notamment d'une étude d'impacts et après enquête publique auprès des populations intéressées. L'instruction des dossiers permet de recueillir l'avis des services de l'État compétents notamment quant à la qualité de l'intégration paysagère, à la protection de la flore et de la faune locales, au respect des vestiges archéologiques, au respect de la tranquillité des riverains ou encore à l'absence de perturbations radioélectriques.

##### **➤ Situation en région Centre au 31/12/2010**

Parcs éoliens raccordés : 50

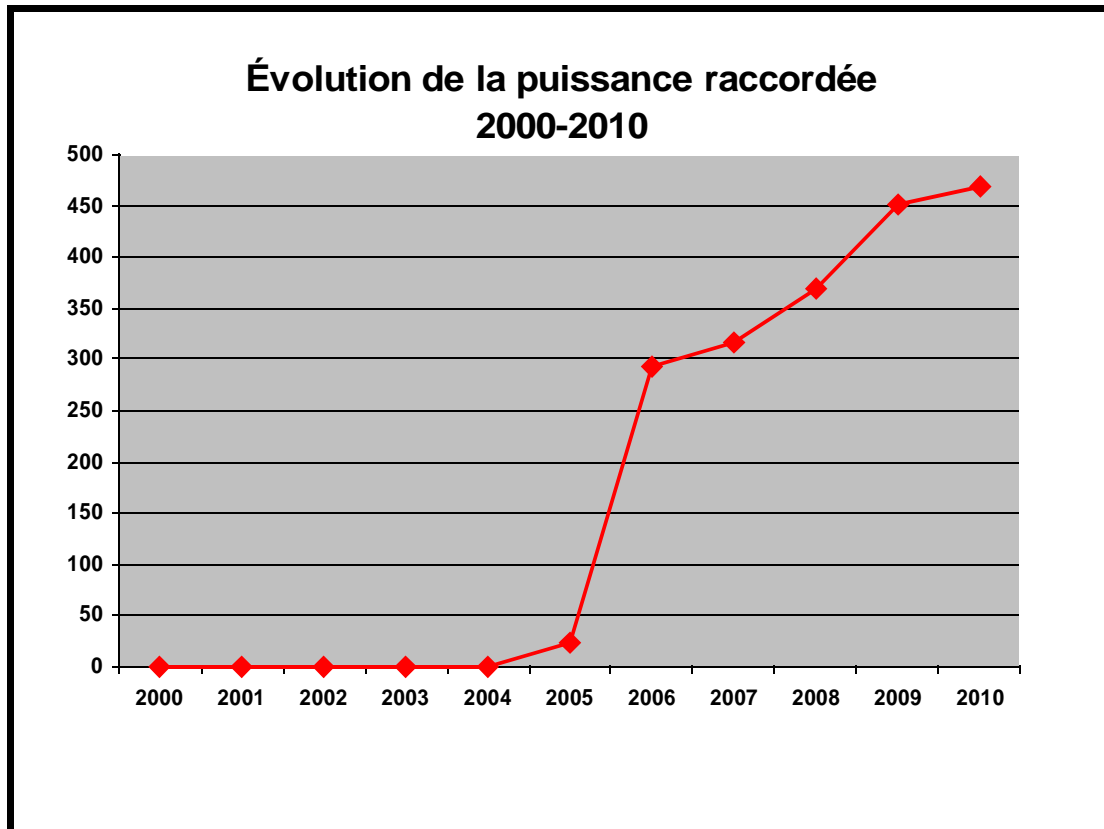
Puissance éolienne raccordée : 469 MW

Puissance raccordée depuis le 1er janvier 2010 : 18 MW soit une progression sur un an de 4%

Part de la puissance régionale raccordée dans la puissance nationale raccordée : 8,2% soit au 5ème rang national des régions les plus équipées.

Production annuelle (en 2009) : 949 GWh soit 82 ktep

Part de l'énergie éolienne dans la production régionale d'énergie renouvelable (en 2009) : 16%



Source : MEDDTL/CGDD-SOeS

#### **I.4.5 L'énergie solaire**

L'énergie du soleil peut être utilisée de trois manières principales :

- La chaleur passive : c'est la chaleur que nous recevons du soleil naturellement. Cette chaleur peut être prise en compte dans la conception des bâtiments pour que le chauffage supplémentaire soit moins important ;
- L'énergie photovoltaïque (PV) : l'énergie du soleil est transformée en électricité pour faire fonctionner les appareils et l'éclairage. Un système photovoltaïque n'a besoin que de la lumière du jour pour produire de l'électricité ;
- Le solaire thermique : la chaleur du soleil est utilisée pour chauffer l'eau sanitaire et des systèmes de chauffage.

##### ***I.4.5.1 L'énergie solaire photovoltaïque***

Les systèmes photovoltaïques utilisent des cellules pour convertir le rayonnement solaire en électricité. Ces cellules sont composées de deux ou trois couches d'un matériau semi-conducteur. Lorsque la lumière illumine la cellule, cela crée un champ électrique à travers les couches, provoquant la circulation d'électricité. La circulation d'électricité sera d'autant plus importante que l'intensité de la lumière sera forte.

Un système photovoltaïque n'a pas besoin d'un soleil éclatant pour fonctionner et il peut même produire de l'énergie sous un ciel couvert.

### ➤ Situation en région Centre au 31/12/2010

Nombre d'installations raccordées : 3.570

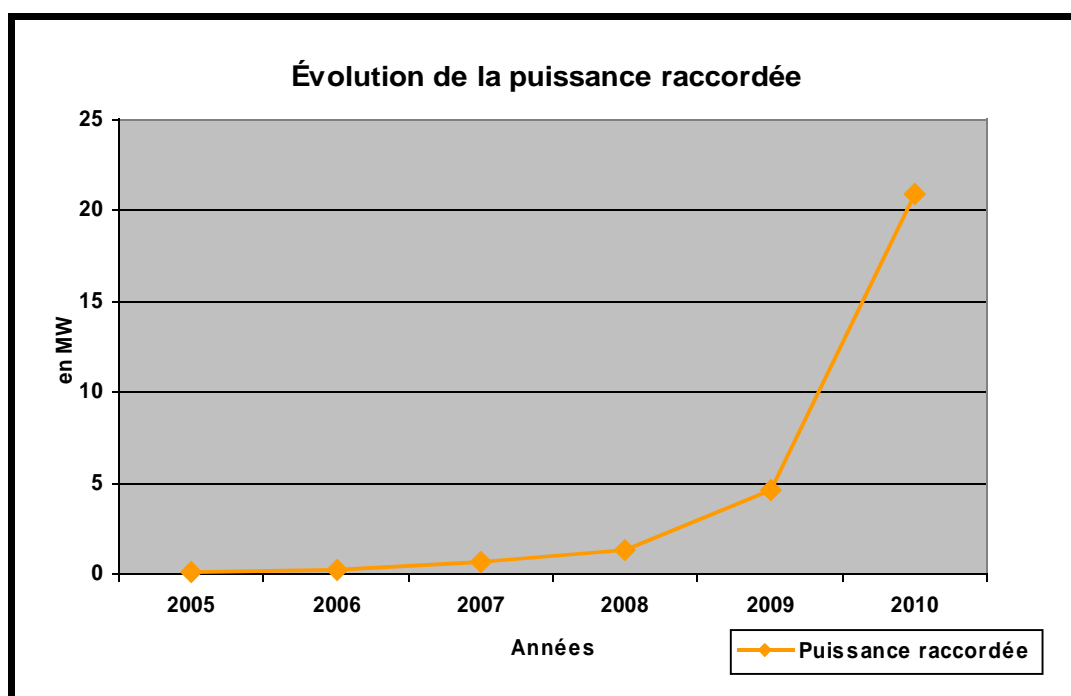
Puissance raccordée : 21 MW.

La puissance raccordée depuis le 1er janvier 2010 s'élève à 16 MW, soit une évolution de 353%.

Part de la puissance régionale raccordée dans la puissance nationale (métropole) raccordée : 2,5% soit au 11ème rang national des régions les plus équipées.

En 2009, la production annuelle a été de 2 GWh, soit 172 tep.

La part de l'énergie solaire photovoltaïque dans la production régionale d'énergie renouvelable en 2009 est inférieure à 1%.



Source: MEDDTL/CGDD-SOeS

### **I.4.5.2 L'énergie solaire thermique**

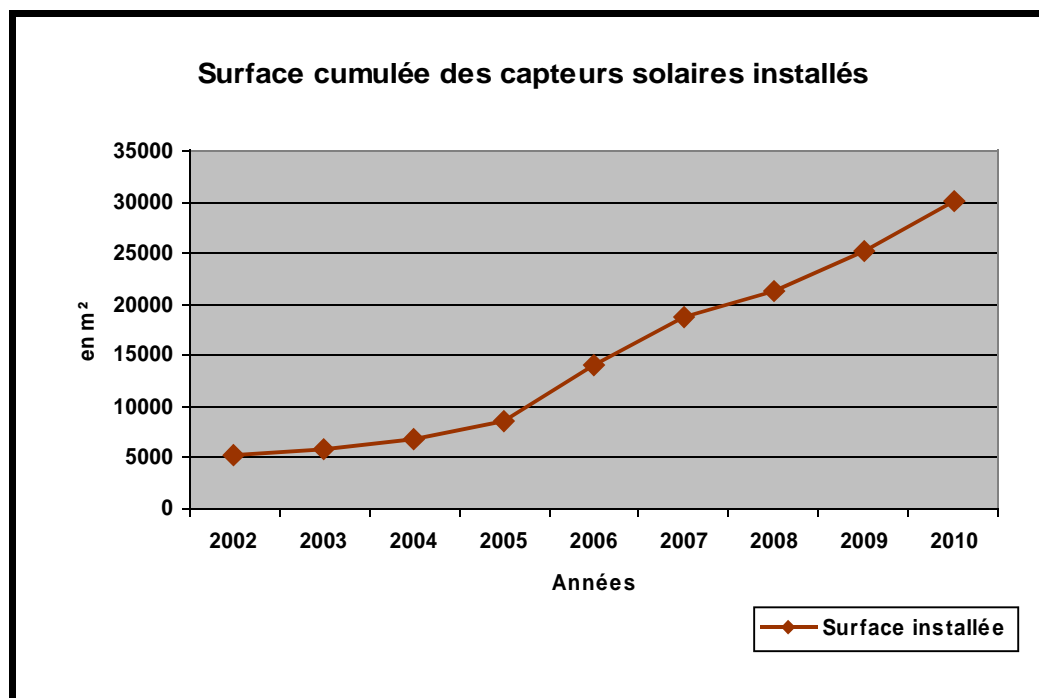
Le principe de base est commun à tous les systèmes solaires thermiques : le rayonnement solaire est récupéré et la chaleur qui en résulte est communiquée à un intermédiaire de transfert de chaleur (généralement un fluide). L'intermédiaire chauffé est utilisé soit directement (dans le cas des piscines chauffées par exemple) soit indirectement, par le biais d'un échangeur de chaleur qui transmet la chaleur à sa destination finale (le chauffage des pièces d'une habitation par exemple).

### ➤ Situation en région Centre au 31/12/2009

Production annuelle en 2009 : 10 GWh soit 0,9 ktep

Part de l'énergie solaire thermique dans la production régionale d'énergie renouvelable en 2009 : 1%

Surfaces cumulées de capteurs solaires installés en 2009 : 25.300 m<sup>2</sup>



Source : MEDDTL/CGDD-SOeS, excepté 2010 source SOGREAH

#### I.4.6 La géothermie

Les opérations de géothermie se décomposent en trois catégories, qui revêtent des caractéristiques très différentes :

- Les opérations sur nappes profondes, destinées à alimenter les réseaux de chaleur ;
- Les opérations verticales sur nappes superficielles (moins de 200 m en général), qui utilisent le plus souvent une pompe à chaleur. Ces opérations peuvent faire appel à deux techniques de prélèvement de l'énergie qui peut soit avoir lieu directement sur la nappe, soit au moyen de sondes géothermiques verticales au moyen d'un fluide caloporteur.

##### I.4.6.1 Les opérations sur nappes profondes

#### ➤ ZAC Saint Jean à Châteauroux

Sur cette ZAC ont été mis en service :

- Un forage au Trias à 670 m de profondeur, équipé jusqu'à 516,5m. L'objectif est de fournir de l'eau à une température de 34 °C avec un débit maximal de 100 m<sup>3</sup>/h ;
- Un forage au Dogger (Jurassique) à 160 m de profondeur. L'objectif est de fournir de l'eau à une température de 16 °C, avec un débit maximal de l'ordre de 200 m<sup>3</sup>/h.

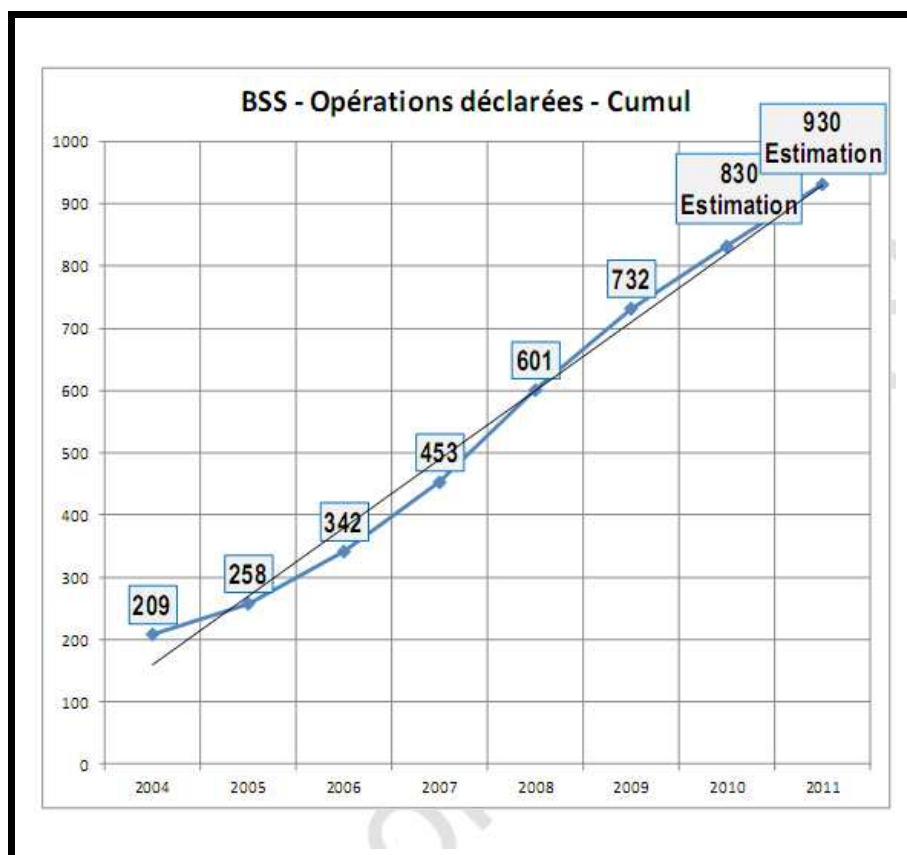
### ➤ Opération de Saint Denis en Val (Melleray)

Un doublet au Trias a été mis en service en 1982 mais fermé en 1986, en raison des difficultés de réinjection dans l'aquifère du Trias.

#### **I.4.6.2 Les opérations sur nappes superficielles**

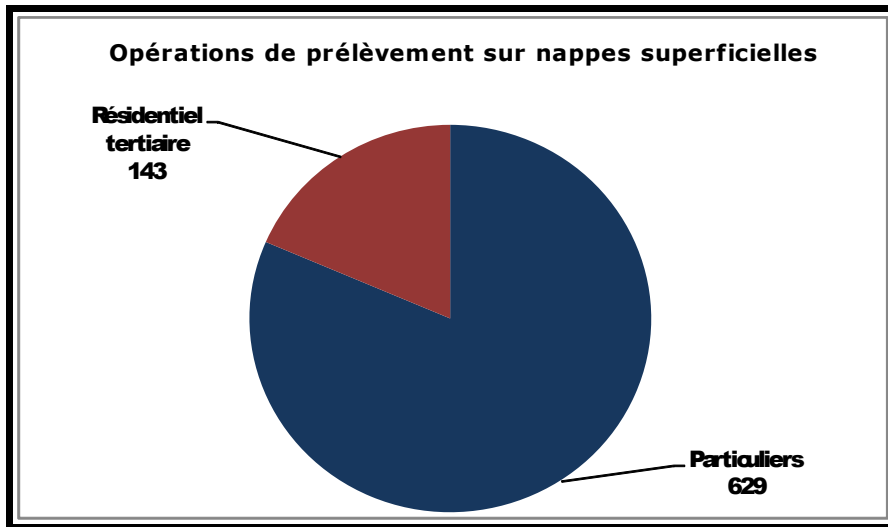
En région Centre, environ un millier d'installations sont en service à fin 2011. 800 d'entre elles ont été réalisées depuis 2005, soit une cadence d'environ 130 créations par an. D'autre part les opérations pour les équipements particuliers représentent plus de 80 % des installations de cette catégorie.

#### □ **Évolution des opérations sur nappe superficielle de 2004 à 2011**



Source : BRGM

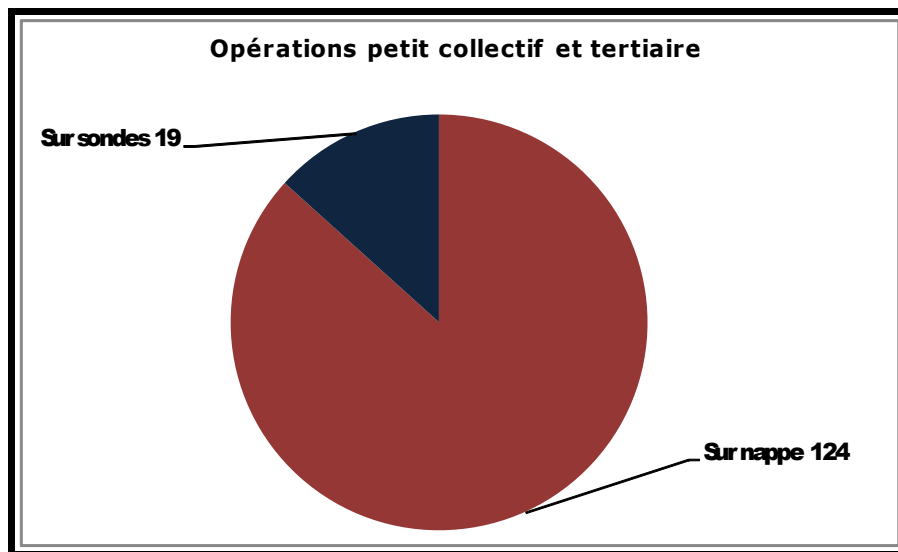




Source : BRGM

#### **I.4.6.3 Les opérations par sondes géothermiques verticales**

Avec 133 opérations recensées, ce type de technologie représente environ 13 % des installations sur nappe à fin 2011. Le recours à cette méthode marque un net développement depuis 2008, 22 % des opérations recensées depuis cette période y faisant appel. La répartition entre les installations domestiques et le résidentiel tertiaire est identique à celle des installations de prélèvement direct sur la nappe superficielle. Le graphe ci-après illustre une analyse des opérations par sondes géothermiques verticales dans le secteur du petit habitat collectif et du tertiaire.



Source : BRGM

#### **I.4.7 Les énergies de récupération**

La valorisation énergétique des déchets urbains (quantités incinérées pour une valorisation énergétique) représente 50 ktep en 2008.

#### **I.4.8 La part des ENR dans la consommation énergétique finale**

Les estimations du SOeS (service statistiques du Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement) ne permettent pas de chiffrer l'ensemble des ENR.

En 2008, avec une consommation énergétique finale de la région Centre de 6.414 ktep et une production d'ENR (bois-énergie et agrocarburant) s'élevant à 464 ktep, la part des ENR (hors énergie de récupération) s'élève à plus de 7% de la consommation énergétique finale.

#### **I.5 Conclusion**

La région Centre produit plus d'énergie qu'elle n'en consomme du fait notamment de sa production d'électricité d'origine nucléaire. Elle reste cependant très dépendante dans sa consommation d'énergie des produits pétroliers, qui représentent près de la moitié de sa consommation d'énergie finale.

## Unités et ordres de grandeur pour l'énergie

### Puissance et énergie électrique

Rappelons que le kW est une unité de puissance alors que le kWh est une unité de quantité d'énergie.

La puissance électrique d'une installation représente la quantité maximale d'électricité que peut consommer (ou produire) instantanément cette installation :

- 100 W, c'est la puissance électrique d'une ampoule à incandescence puissante ;
- 1 kW, c'est la puissance de 10 m<sup>2</sup> de panneaux photovoltaïques
- 1 MW, c'est la puissance de l'entrée de gamme d'une éolienne contemporaine de forte puissance ;
- 1.800 MW, c'est la puissance de la centrale nucléaire de St-Laurent.

L'énergie électrique d'une installation représente la quantité d'électricité que consomme (ou produit) cette installation pendant une durée précise :

- 0,2 kWh, c'est la consommation d'énergie électrique d'une ampoule de 100 W allumée pendant deux heures.
- 7,8 MWh, c'est environ la consommation moyenne d'énergie électrique par habitant en France.
- 13.000 GWh, c'est la consommation d'énergie électrique des transports ferroviaires et urbains en France.
- 9.500 GWh, c'est la production d'énergie électrique par les éoliennes en France en 2010.
- 550,3 TWh, c'est la production totale d'énergie électrique en France en 2010.

### La tonne d'équivalent pétrole

est l'unité de mesure de l'énergie utilisée pour comparer les différentes sources d'énergie entre elles. C'est l'énergie produite par la combustion d'une tonne de pétrole moyen, ce qui représente environ 11.600 kWh. Une tep correspond à environ 1,5 tonnes de charbon de haute qualité, à 1.100 mètres cubes de gaz naturel ou encore 2,2 tonnes de bois bien sec.

En général, à l'international et dans le bilan français on utilise la Mtep, au niveau régional la ktep, et au niveau local simplement la tep.

Les équivalences en tonne équivalent pétrole des différentes énergies sont données ci-dessous :

Combustibles fossiles :

- GPL : 1 tonne = 1,095 tep
- Essence : 1 tonne = 1,048 tep
- Fioul : 1 tonne = 0,952 tep

### Rappel

k	10 <sup>3</sup>	Facteur 1 000
M	10 <sup>6</sup>	Facteur 1 000 000
G	10 <sup>9</sup>	Facteur 1 000 000 000
T	10 <sup>12</sup>	Facteur 1 000 000 000 000

1 TWh = 1 000 GWh = 1 million de MWh  
= 1 milliard de kWh = 1000 milliards de Wh

### Énergie primaire et énergie finale

L'énergie finale est l'énergie livrée au consommateur pour sa consommation finale (essence à la pompe, électricité au foyer etc....). Elle se distingue de l'énergie primaire, qui est l'énergie brute, non transformée après extraction (houille, pétrole brut, gaz naturel etc....).

Pour passer de l'une à l'autre, on utilise un coefficient qui traduit le rendement de l'installation de conversion de l'énergie primaire en énergie finale. En France, on considère en moyenne qu'il faut 2,58 kWh de combustible (gaz, fioul, uranium) donc d'énergie primaire pour produire 1 kWh d'électricité (énergie finale).

Une production moyenne de 10 TWh sur une année peut être obtenue avec l'un des moyens de production suivant :

- 9/10<sup>e</sup> d'un réacteur REP de 1.450 MW
- 2.000 éoliennes d'une puissance de 2 MW
- 10 millions d'installations de 10 m<sup>2</sup> de panneaux photovoltaïques (1 kW pour 10 m<sup>2</sup>)

Centrale thermique

- 16 millions de tonnes de bois
- 3,5 millions de tonnes de charbon
- 2,2 millions de tonnes pétrole
- 1,5 milliards de m<sup>3</sup> de gaz

### Quelques exemples de consommation en région Centre :

- Consommation finale énergétique annuelle moyenne par habitant : 2,5 tep
- Consommation finale énergétique pour le secteur industriel : 1.087 ktep
- Consommation finale énergétique totale de la région Centre : 6,4 Mtep



## **II. L'inventaire des émissions de GES**

- II.1 L'inventaire des émissions régionales de gaz à effet de serre**
- II.2 L'inventaire sectoriel des émissions de gaz à effet de serre**



## Contenu du rapport du SRCAE

L'article R.222-2-I du code de l'environnement prévoit que le rapport du SRCAE comprend « un inventaire des émissions directes de gaz à effet de serre pour les secteurs résidentiel, tertiaire, industriel, agricole, du transport et des déchets ».

La présente partie du rapport présente :

- Dans le paragraphe II.1, l'inventaire des émissions régionales de gaz à effet de serre ;
- Dans le paragraphe II.2, l'inventaire sectoriel des émissions de gaz à effet de serre.

## II.1 L'inventaire des émissions régionales de gaz à effet de serre

### Quels sont les gaz à effet de serre pris en compte ?

Les gaz à effet de serre pris en compte sont ceux définis par le protocole de Kyoto. Il s'agit :

- du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>),
- du méthane (CH<sub>4</sub>),
- du protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O),
- des hydrofluorocarbures (HFC),
- des perfluorocarbures (PFC),
- de l'hexafluorure de soufre (SF<sub>6</sub>).

A des fins de comparaison, les émissions des différents gaz à effet de serre sont converties en équivalent CO<sub>2</sub> pour prendre en compte le PRG des différents gaz.

### II.1.1 La méthode utilisée pour l'inventaire

Plusieurs méthodes peuvent être mises en œuvre pour évaluer les émissions de GES. Le choix a été fait de retenir les travaux menés par Lig'Air et plus particulièrement les résultats de son inventaire 2008 des émissions polluantes et des Gaz à effet de Serre (source : Lig'Air, 2011, Inventaire des émissions polluantes et des Gaz à effet de Serre - Région Centre, année de référence 2008, référence fournie dans l'annexe bibliographique du SRCAE). Les résultats de cet inventaire portent sur tous les secteurs considérés par la suite (résidentiel et tertiaire, industrie, agriculture et transports).

Cet inventaire est orienté « source », c'est-à-dire que les émissions engendrées par une activité polluante sont localisées là où elles sont rejetées. Il s'agit d'un inventaire de type « cadastral » selon une méthode nationale. De plus, le format relatif aux acteurs économiques traditionnels, retenu pour la présentation des émissions dans l'air sélectionné, est celui du SECTEN (Secteurs Economiques et Energie). Ce format est utilisé par le Centre Interprofessionnel Technique et d'Etudes sur la Pollution Atmosphérique (CITEPA) et permet des comparaisons au niveau national.

Il convient de noter que le secteur industriel comprend dans la présente partie :

- L'industrie manufacturière ;
- Le traitement de déchets ;
- La construction ;
- L'extraction, la transformation et la distribution de l'énergie.

Pour l'élaboration des PCET, deux guides sont disponibles sur les sites de l'ADEME et du MEDDE (ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie), pour préciser les principes méthodologiques obligatoires et les recommandations :

- Guide intitulé « Méthode pour la réalisation des bilans d'émissions de Gaz à effet de serre conformément à l'article 75 de la loi n°2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement (ENE) » ;
- Guide méthodologique pour la réalisation des bilans d'émissions de gaz à effet de serre des collectivités conformément à l'article 75 de la loi n° 2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement (ENE).

Ces différentes méthodes, même si elles présentent des différences, permettent d'aboutir à des données globalement cohérentes et révélatrices de tendances.

A titre de comparaison, l'inventaire mené dans le cadre du Plan Climat Énergie de la Région Centre, aboutit à un secteur agricole représentant 24% des émissions régionales de GES, le transport 31% et le bâtiment 28%. Dans le cadre du SRCAE, le secteur agricole compte pour 28% des émissions régionales de GES, le transport 28% et le bâtiment 25%. Malgré certains écarts liés aux méthodes retenues, les contributions de ces 3 secteurs sont de l'ordre de 25 à 30% chacun.

### **II.1.2 Avertissements sur les méthodes d'évaluation des émissions de Gaz à Effet de Serre**

Les inventaires des GES sont des outils pour identifier les actions les plus nécessaires et les plus efficaces pour chaque région. Ils s'appuient sur des méthodes et des principes de comptage dont il faut connaître les particularités pour éviter les interprétations erronées. Ce serait en particulier une erreur de les utiliser pour comparer les régions entre elles.

#### **II.1.2.1 Photosynthèse**

La photosynthèse, phénomène par lequel les plantes transforment le CO<sub>2</sub> de l'air en matière organique et dioxygène est un élément important du cycle court du carbone. Lorsque cette matière organique est utilisée pour l'alimentation animale ou humaine, le carbone contenu est à nouveau rejeté dans l'atmosphère lors de la respiration sous forme de CO<sub>2</sub>.

Dans les diagnostics de GES, ce cycle court de captation - émission de CO<sub>2</sub> n'est pas comptabilisé car il s'équilibre par la respiration humaine et animale. Mais les phénomènes de captation - émission ne se produisent pas nécessairement dans les mêmes régions.

La FRSEA du Centre (Fédération Régionale des Syndicats d'Exploitants Agricoles) estime ainsi à environ 17 MteqCO<sub>2</sub> la quantité de CO<sub>2</sub> absorbée par la biomasse récoltée en région Centre. Cela souligne toute l'importance des productions agricoles dans la captation du CO<sub>2</sub> à travers la photosynthèse et l'intérêt de préserver les terres pour des usages agricoles.

Or, une part importante du carbone ainsi temporairement piégée est consommée dans d'autres régions où se produisent donc les émissions.

### **II.1.2.2 Méthode cadastrale**

Plus généralement, par rapport à une méthode imputant les émissions de gaz à effet de serre sur le lieu de consommation des produits, le choix de la méthode cadastrale met l'accent sur le lieu d'émission et donc de fabrication du produit. Cela conduit à attribuer des émissions de GES à la région Centre alors que les produits sont fabriqués pour répondre aux besoins de clients qui ne sont pas présents sur le territoire régional.

C'est ainsi que les émissions de protoxyde d'azote (liées à la culture) et de méthane (liées à l'élevage) sont attribuées à la région de production alors que cette activité est menée pour répondre aux besoins du client n'appartenant pas forcément à la région.

Il en est de même pour les émissions importantes de CO<sub>2</sub> produites dans l'industrie du ciment.

### **II.1.3 Les émissions régionales de gaz à effet de serre**

#### **Qu'est-ce que l'UTC F ?**

L'UTC F correspond à l'Utilisation des Terres, leurs Changements et la Forêt.

L'agriculture et la forêt jouent un rôle important dans la problématique de l'effet de serre, en raison de son double rôle de stockage - déstockage de carbone.

Ainsi, la fixation du carbone (puits) résulte notamment de l'accroissement de la biomasse ligneuse (stockage du CO<sub>2</sub> atmosphérique dans le bois sous forme de carbone).

En contrepartie, des émissions de CO<sub>2</sub> sont comptabilisées à partir de la récolte de bois, du défrichement et du changement d'occupation des sols.

En 2008, les émissions régionales de GES se sont élevées à 23,39 millions de tonnes équivalent CO<sub>2</sub> (MteqCO<sub>2</sub>). En France métropolitaine, les émissions 2008 de gaz à effet de serre ont été estimées à 518 MteqCO<sub>2</sub> (source : CITEPA / Format SECTEN avril 2011). La région Centre représente ainsi 4,5 % des émissions métropolitaines de GES.



Photo : Issiaka BAGATE

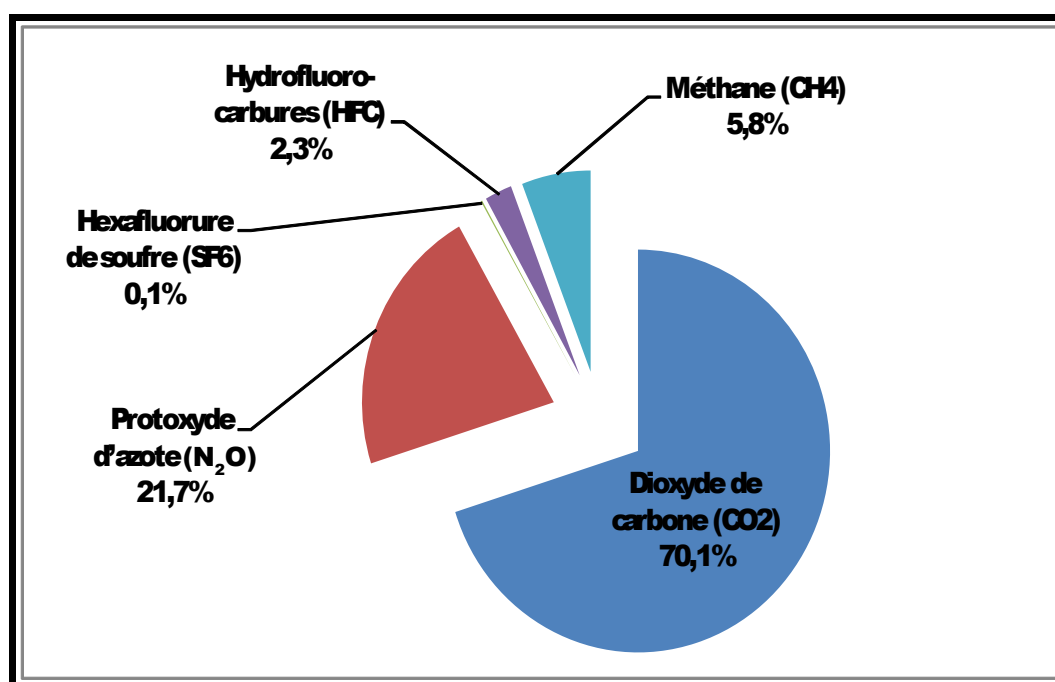


En 1990, les émissions de la France métropolitaine étaient de 556 MteqCO<sub>2</sub>, dont 23,4 MteqCO<sub>2</sub> provenant de la région Centre soit 4,2 %.

En 2008, les émissions de GES représentent pour un habitant de la région Centre 9,2 teqCO<sub>2</sub>/an, ce qui est supérieur à la moyenne de la France métropolitaine (8,3 teqCO<sub>2</sub> par an et habitant).

L'UTCF a été évalué en 2008 par Lig'Air et fait apparaître un puits régional de 8,58 MteqCO<sub>2</sub>. La raison principale est l'accroissement forestier, qui compense les autres postes émetteurs (récolte, défrichement, changement d'occupation des sols). Des incertitudes importantes existent sur le chiffrage de l'UTCF.

- **Proportion des différents gaz à effet de serre dans les émissions de la région Centre en 2008 rapportées en équivalent CO<sub>2</sub> (en prenant en compte les PRG des différents gaz)**



Source : Lig'Air (juin 2011)

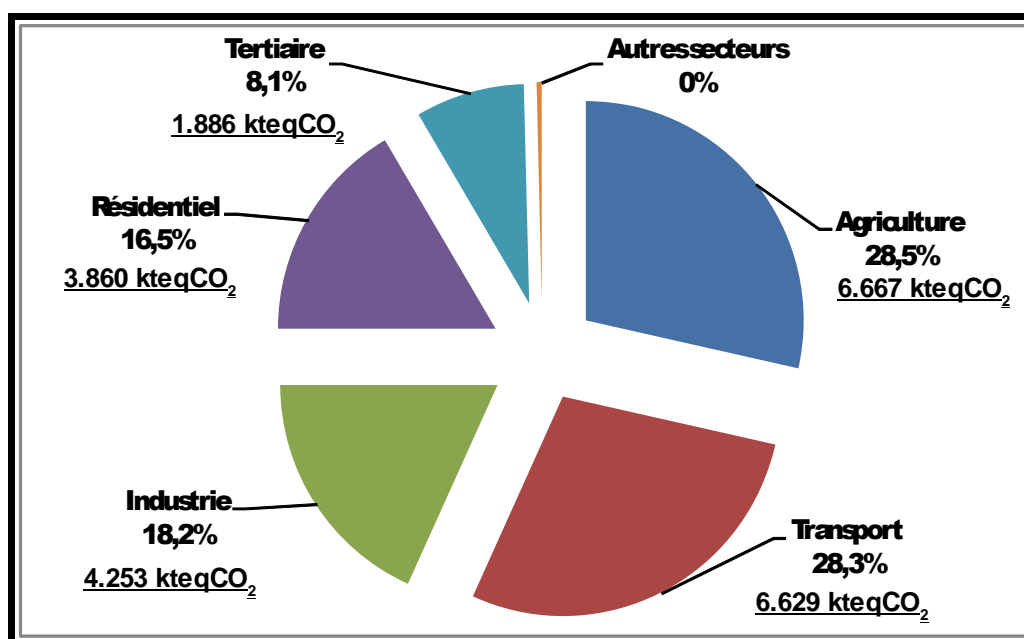
En prenant en compte les potentiels de réchauffement global (PRG) des différents gaz pour les exprimer en équivalent CO<sub>2</sub>, le dioxyde de carbone CO<sub>2</sub> représente 70% des émissions de GES. Le protoxyde d'azote est le deuxième contributeur et atteint 21% des GES.

## II.2 L'inventaire sectoriel des émissions de gaz à effet de serre

### II.2.1 La répartition des émissions de gaz à effet de serre par secteur

Les secteurs examinés sont les secteurs résidentiel et tertiaire, industriel, agricole, du transport.

- Répartition des émissions de gaz à effet de serre dans les différents secteurs en 2008 rapportées en équivalent CO<sub>2</sub> (en prenant en compte les PRG des différents gaz)



Source : Lig'Air (juin 2011)

Les deux principaux secteurs émetteurs de GES sont les secteurs agricole et du transport avec respectivement 28,5% et 28,3% des émissions régionales d'équivalent CO<sub>2</sub>. Si l'on prend en compte le secteur résidentiel et tertiaire, le bâtiment contribue à 24,6% des émissions régionales.

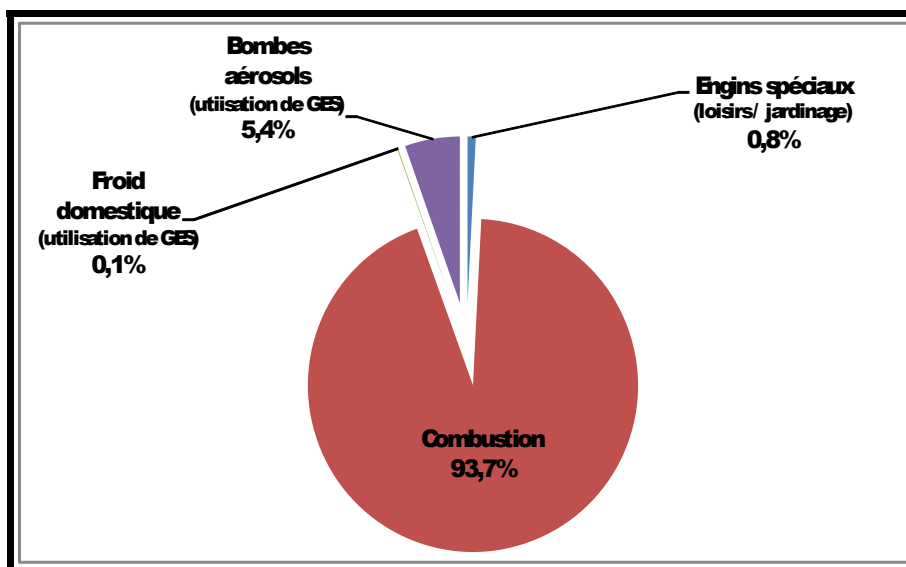
Le secteur industriel représente 18,2%. Dans le secteur industriel, la contribution des émissions du sous-secteur de l'extraction, de la transformation et de la distribution de l'énergie représente 1,5% des émissions régionales de gaz à effet de serre.

## II.2.2 L'analyse sectorielle des émissions de gaz à effet

### II.2.2.1 Le secteur résidentiel et tertiaire

Les émissions du secteur résidentiel et tertiaire sont estimées à 5.746 kteqCO<sub>2</sub> (24,6% des émissions régionales). Le sous-secteur tertiaire émet 1.886 kteqCO<sub>2</sub>. Les émissions du sous-secteur résidentiel s'élèvent à 3.860 kteqCO<sub>2</sub>, soit les 2/3 des émissions du secteur complet.

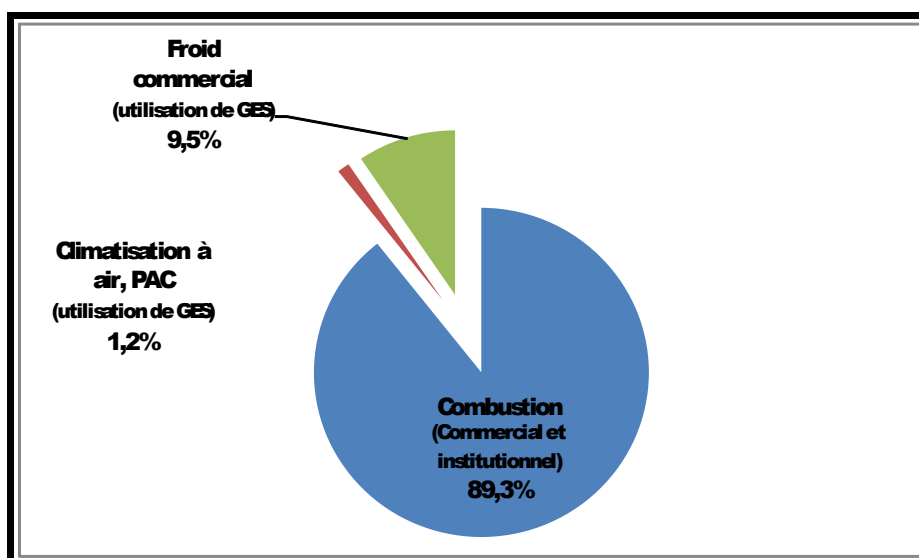
- **Répartition des émissions de gaz à effet de serre du sous-secteur résidentiel par poste en équivalent CO<sub>2</sub> en 2008**



Source : Lig'Air (juin 2011)

Pour le sous-secteur résidentiel, les émissions de GES (en équivalent CO<sub>2</sub>) sont constituées à 90% de dioxyde de carbone. Le principal poste émetteur est le chauffage. L'utilisation de bombes aérosols est le deuxième poste, responsable de 5,4% des émissions de GES.

- **Répartition des émissions de gaz à effet de serre du sous-secteur tertiaire par poste en équivalent CO<sub>2</sub> en 2008**



Source : Lig'Air (juin 2011)

Pour le sous-secteur tertiaire, les émissions de GES (en équivalent CO<sub>2</sub>) sont constituées à 89% de dioxyde de carbone. Le principal poste émetteur est, comme pour le résidentiel, le chauffage. Enfin l'utilisation de gaz à effet de serre pour le froid commercial représente environ 10% des émissions de GES.

### **II.2.2.2 Le secteur industriel**

Les émissions du secteur industriel (industrie manufacturière, traitement des déchets, construction, extraction, transformation et distribution de l'énergie) sont estimées à 4.253 kteqCO<sub>2</sub> (18,2% des émissions régionales).

#### **A qui servent les quotas de CO<sub>2</sub> ?**

L'Union Européenne a mis en place le SCEQE (Système Communautaire d'Echange de Quotas d'Emission). Il s'agit d'un mécanisme visant à réduire les émissions de CO<sub>2</sub> et à atteindre les objectifs de l'UE fixés dans le cadre du protocole de Kyoto (réduction en 2020 des émissions de GES de 20% par rapport à 1990).

Le SCEQE met en place une limitation des émissions et un marché du carbone. Sur ce marché les entreprises (industrielles ou non) peuvent acheter ou vendre des « droits à polluer ». Ainsi une entreprise ayant réduit ses émissions, de sorte qu'elles ne dépassent pas le plafond des émissions qui lui ont été allouées, peut céder ses quotas d'émission non utilisés. Les entreprises qui ont dépassé leur plafond doivent quant à elles acheter des quotas.

Ce système fait l'objet d'une mise en œuvre en différentes phases, qui se sont traduites en France par la mise en œuvre de deux plans nationaux d'allocation de quotas (PNAQ I et II).

Lors des PNAQ I (2005-2007) et PNAQ II (2008 à 2012) les quotas ont été alloués gratuitement aux entreprises. La prochaine phase s'étendra de 2013 à 2020. Elle est en cours de préparation et entraînera une refonte du système. Les règles d'allocation seront fixées au niveau européen et reposeront sur un référentiel basé sur les MTD (meilleures techniques disponibles).

La région Centre compte 46 établissements concernés par le deuxième plan national d'allocation des quotas de gaz à effet de serre, (période 2008 - 2012). L'arrêté ministériel du 31 mai 2007 avait attribué aux établissements de la région Centre une enveloppe globale de 1,9 millions de quotas par an.

1.654.437 tonnes de CO<sub>2</sub> ont été émises en 2009, (1.703.973 tonnes en 2008), selon les déclarations annuelles des émissions polluantes transmises en début d'année 2009 par les industriels.

16 établissements ont émis une quantité de CO<sub>2</sub> supérieure aux quotas attribués. Cela représente un dépassement de 111.431 tonnes CO<sub>2</sub>, soit 6,7% de l'allocation globale de la région.

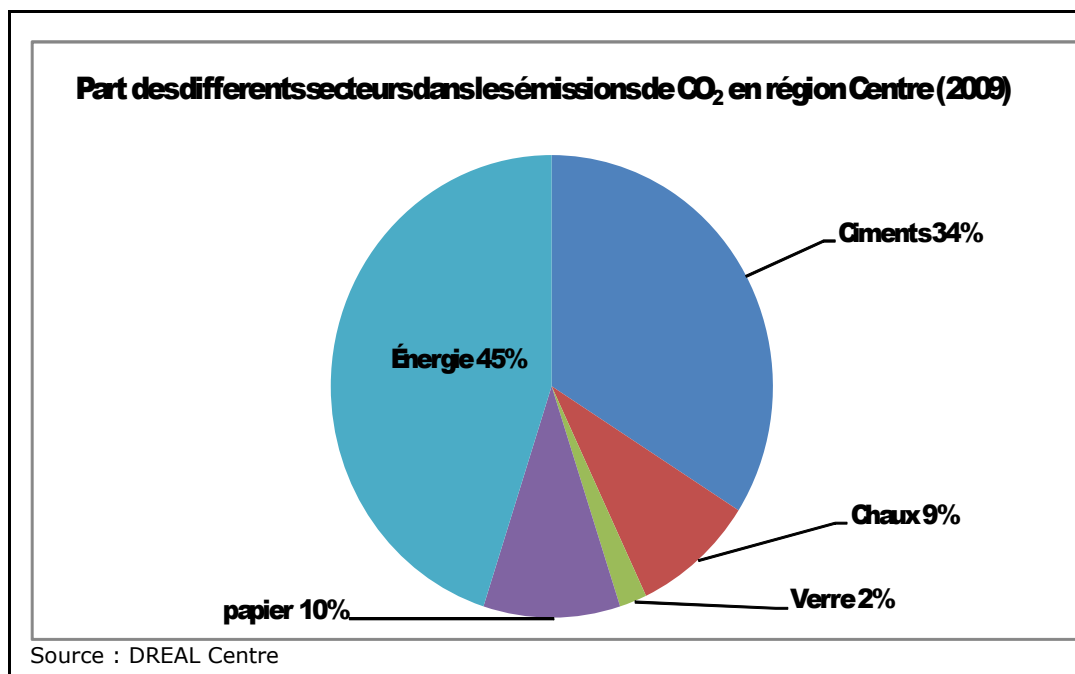
En revanche, 32 établissements, dont la consommation de quotas a été inférieure au nombre attribué pour l'année 2009, ont économisé 272.042 tonnes de CO<sub>2</sub> (16,4 % de la quantité totale de quotas allouée pour l'année).

Globalement, les établissements de la région Centre ont émis en 2009 une quantité de CO<sub>2</sub> inférieure à la somme des quotas alloués.

Pour l'année 2009, en région Centre, les secteurs de la production d'énergie (chaudières, turbines, moteurs dont la puissance est supérieure à 20 MW) et du ciment ont émis ensemble 79 % des 1.654.437 tonnes déclarées.

Les deux établissements du secteur de l'industrie cimentière représentent à eux seuls 34% des émissions de CO<sub>2</sub> déclarées.

□ **PNAQ : émissions déclarées en 2009**



### **II.2.2.3 Le secteur agricole**

#### II.2.2.3.1 Les éléments généraux

L'agriculture est un secteur dont les différentes activités contribuent à émettre trois principaux gaz à effet de serre : le protoxyde d'azote, le méthane et le dioxyde de carbone. Dans le même temps, l'agriculture est la première activité à subir les impacts des modifications du climat déjà amorcées et devra nourrir 9 milliards d'individus en 2050 (6,5 milliards aujourd'hui), tout en préservant les écosystèmes.

Selon le CITEPA, l'agriculture française représentait en 2008 environ 21% des émissions de GES en équivalent CO<sub>2</sub>, avec 109 MteqCO<sub>2</sub>.

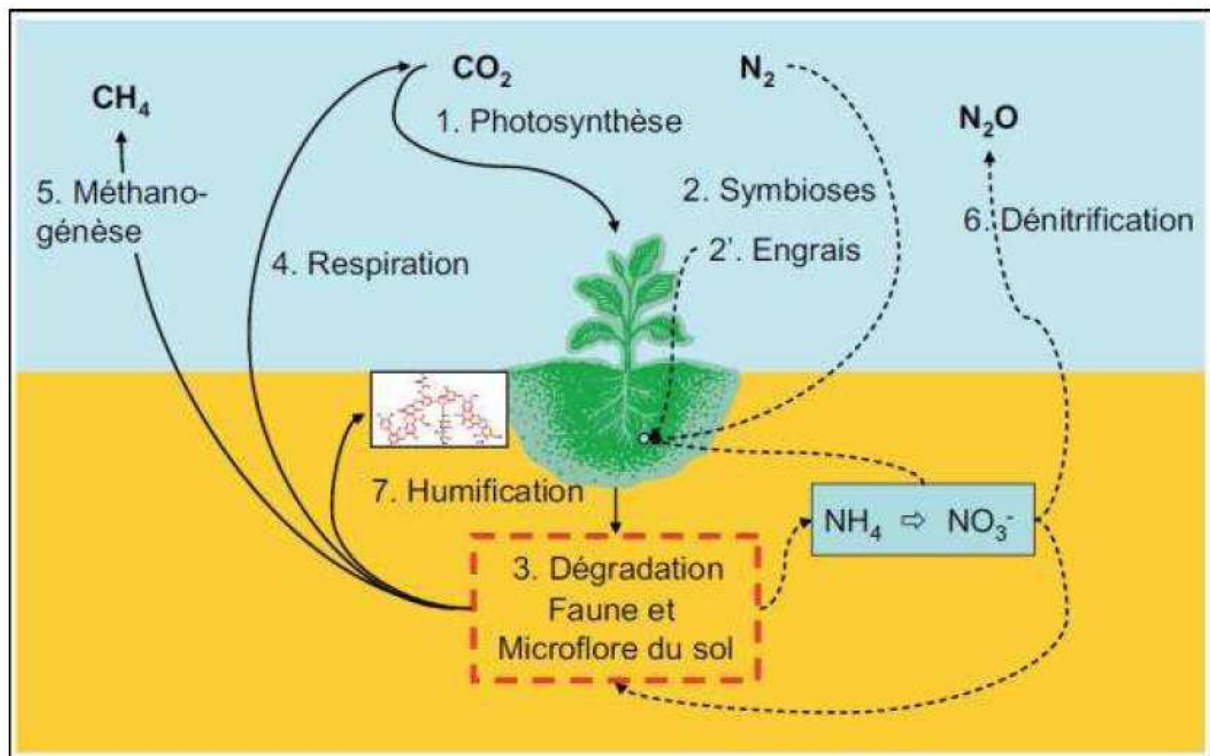
Le protoxyde d'azote représente 51% des émissions agricoles en France en équivalent CO<sub>2</sub>, suivi par le méthane (40%) et enfin le dioxyde de carbone (8%). Les émissions agricoles directes de CO<sub>2</sub> (consommation de carburant fossile des engins...) ne représentent qu'une faible part des émissions nationales.

Les stocks de carbone dans les sols de France sont évalués dans les 30 premiers centimètres à environ 3,2 milliards de tonnes (source : GIS Sol - « Etat des sols de France » - 2011). En convertissant dans une unité comparable (la tonne équivalent carbone), une augmentation de

ces stocks de 0,2% par an (6 Mt) permettrait de compenser 4% des émissions françaises brutes annuelles de GES, ou un quart environ des émissions des secteurs agricole et forestier (source : INRA « Stocker du carbone dans les sols agricoles de France ? », synthèse du rapport d'expertise d'octobre 2002). Ces ordres de grandeur justifient que l'on cherche à quantifier les effets des changements d'usage des sols ou de pratiques agricoles sur ce stockage de carbone.

La figure suivante illustre le rôle du sol par rapport aux gaz à effet de serre.

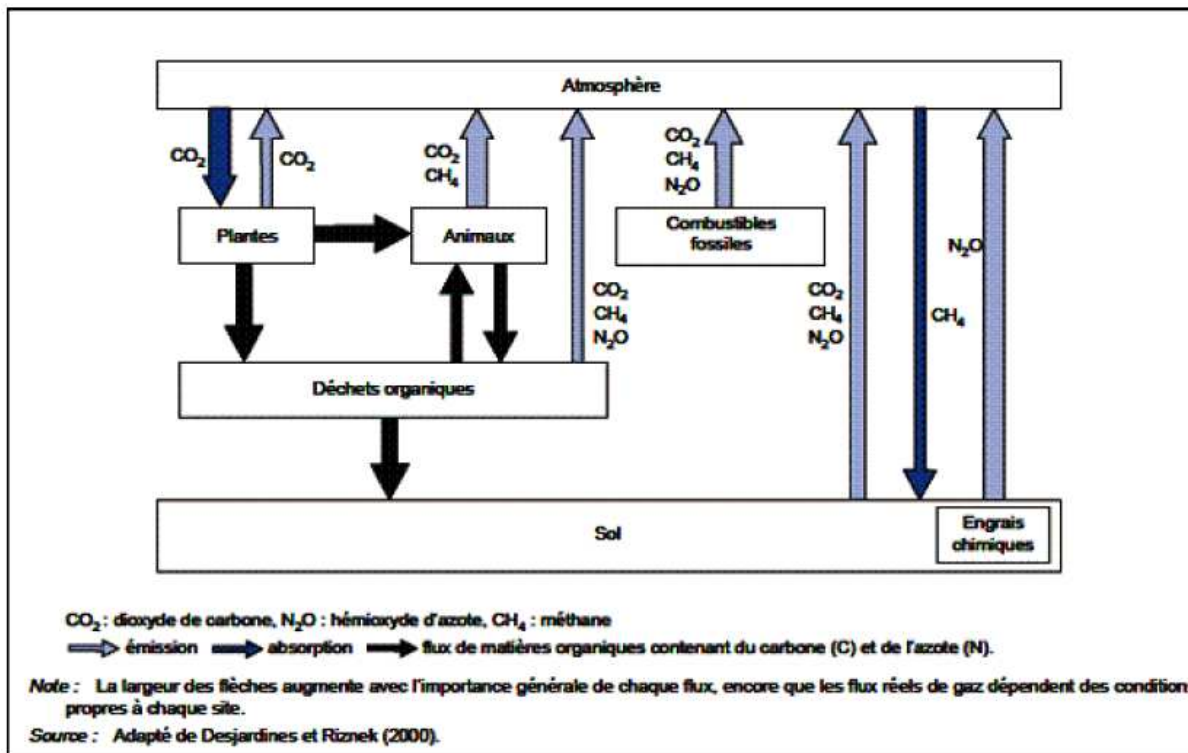
□ **Représentation simplifiée des gaz à effet de serre dans les sols**



Source : Gis Sol, 2011, d'après Balesdent et al., 2011, 2<sup>ème</sup> édition. Chapitre 5. Stockage et recyclage du carbone. Dans : M.-C. Girard, C. Walter, J.-C. Rémy, J. Berthelin, J.-L. Morel. Sols et environnement. Paris : Dunod. 881 pages. (coll. Sciences sup).

Les éléments de bilans des flux d'émissions de GES du secteur agricole peuvent se représenter selon le schéma suivant.

□ **GES associés à l'agriculture : voies de transfert des sources et puits**



Les principales activités agricoles productrices de GES sont l'élevage, la production végétale, l'utilisation d'engrais, la combustion de combustibles fossiles, le brûlage de la biomasse.

**Les animaux d'élevage**, en particulier les gros ruminants, produisent du CH<sub>4</sub> comme sous-produit de leur processus de digestion normal à l'aide des bactéries du rumen. D'autres animaux d'élevage sont aussi à l'origine de certaines émissions. Du CH<sub>4</sub> et du N<sub>2</sub>O sont également produits lors de l'entreposage du fumier en grandes quantités. Le niveau des émissions de CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O imputables au bétail peut varier selon les conditions d'alimentation, la gestion du fumier et les conditions de stockage de celui-ci (Sneath *et al.*, 1997a, et 1997b).

**La production végétale** à partir des sols agricoles est une source importante d'émissions de N<sub>2</sub>O, principalement imputables à l'épandage d'engrais chimiques et organiques, encore que les résidus de récolte, la fixation biologique d'azote et la préparation des sols en produisent également. Les émissions de CO<sub>2</sub> provenant des sols cultivés varient en fonction des pratiques culturales : le travail du sol à la charrue les augmentera, tandis que l'enfouissement dans le sol des résidus de récolte, qui accroît la capacité de stockage de carbone du sol, tendra à les réduire (Lal *et al.*, 1995a).

La mise en culture de sols organiques comme la tourbe est aussi une source de CO<sub>2</sub>, tout en réduisant les émissions de CH<sub>4</sub>. Les sols agricoles possèdent une capacité non négligeable de dégradation du CH<sub>4</sub> en CO<sub>2</sub>, gaz moins thermoactif, mais cette capacité reste inférieure à celle des forêts et des herbages naturels et diminue lorsque les sols font l'objet d'une culture intensive (Phipps et Hall, 1994).

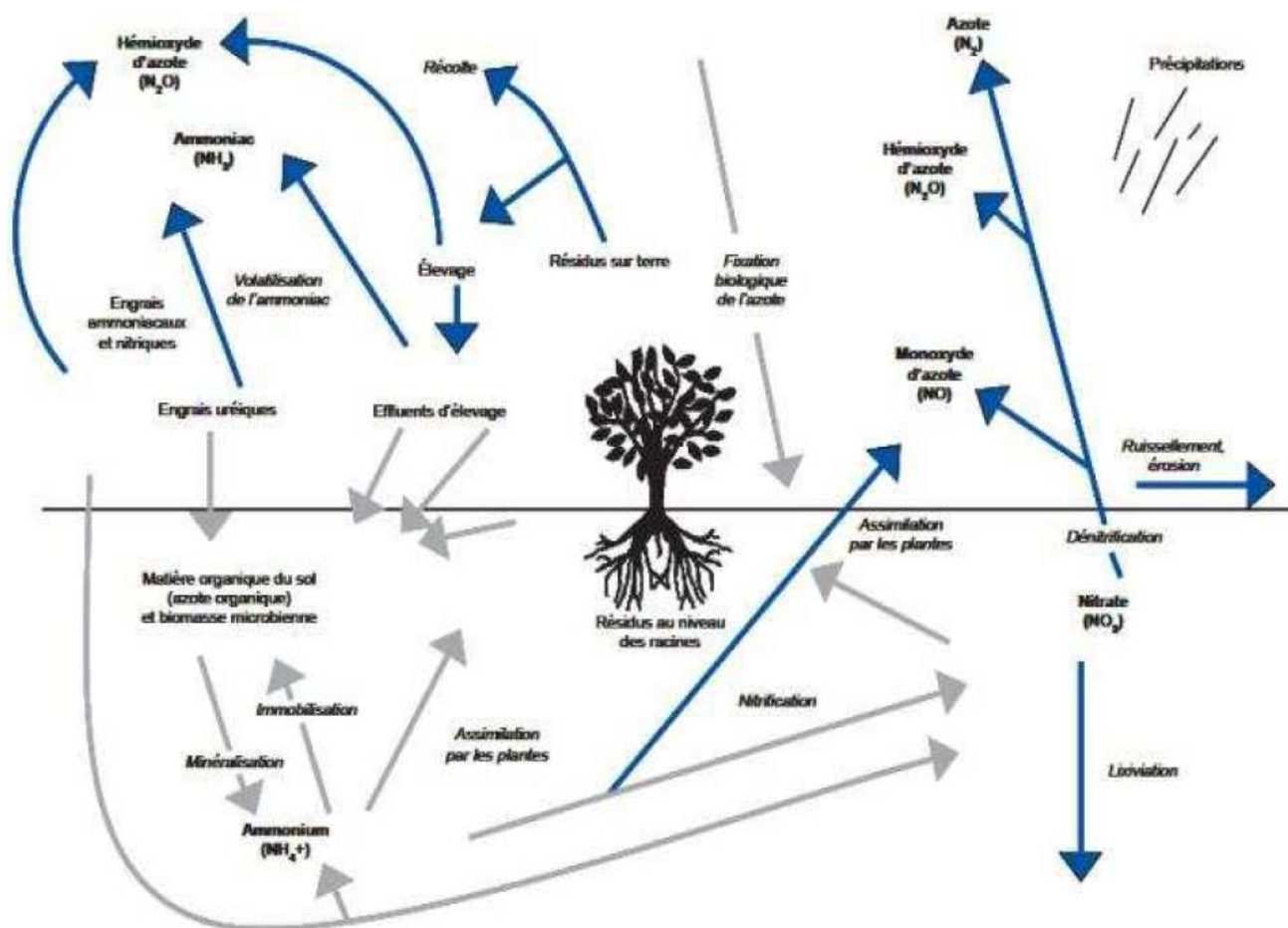
**Les changements d'affectation des terres** peuvent influencer les échanges de carbone entre le carbone du sol et le CO<sub>2</sub> atmosphérique. La conversion de zones vierges en terres agricoles risque d'appauvrir le sol en carbone. De même, le brûlage intensif de terres vierges entraîne une perte de carbone organique du sol (Johnson, 1995). En revanche, la

conversion de terres agricoles en forêts ou en espaces non cultivés peut accroître la capacité d'absorption de carbone.

**La fixation photosynthétique** du carbone par les cultures permet de piéger le  $\text{CO}_2$  atmosphérique, mais ce procédé contribue très peu à l'absorption du  $\text{CO}_2$  dans son ensemble (le carbone contenu dans les cultures vivrières et fourragères est rapidement rejeté dans l'atmosphère par la respiration humaine et animale). Cependant, l'accroissement de la biomasse aérienne et souterraine qui résulte de la fixation photosynthétique stimulée par l'amélioration des pâturages et « l'effet fertilisant » est parfois considéré comme un moyen de piéger le  $\text{CO}_2$ .

## II 2.2.3.2 Les émissions de $\text{N}_2\text{O}$ et le cycle de l'azote

### □ Le cycle de l'azote



Note: Les flèches grises représentent les entrées d'azote (N) et les flèches bleues, les sorties d'azote. Les différentes formes de N sont représentées en gras et les mécanismes de transformation de N sont montrés en italiques.

Source : OCDE, 2001. Adapté de Cavigelli et al. (1998).



Trois grands processus influent sur les quantités d'éléments nutritifs présentes dans un système agricole :

- *Les apports directs d'éléments nutritifs* : ils se font principalement sous la forme d'engrais chimiques ou inorganiques, de fumier organique, d'effluents d'élevage, résidus de récolte, et boues d'épuration, grâce à la fixation biologique de l'azote, principalement par les légumineuses à graines ou fourragères
- *La disponibilité en éléments nutritifs et la susceptibilité aux pertes* : elles sont pour l'essentiel conditionnées par la minéralisation (les éléments nutritifs du sol sont rendus assimilables par les plantes pour leur croissance), l'immobilisation (empêche le prélèvement des éléments nutritifs par les plantes), la volatilisation dans l'atmosphère de l'ammoniac (bâtiments d'élevage, installations de stockage du fumier, dégagé lors de l'épandage du fumier et des engrais ammoniacaux), et nitrification - dénitrification des nitrates du sol, transformés en gaz azoté et en protoxyde d'azote
- *Les pertes nettes d'éléments nutritifs* : elles résultent de la dénitrification et de la lixiviation, de l'érosion et du ruissellement, du prélèvement net d'éléments nutritifs par les cultures et les pâturages.

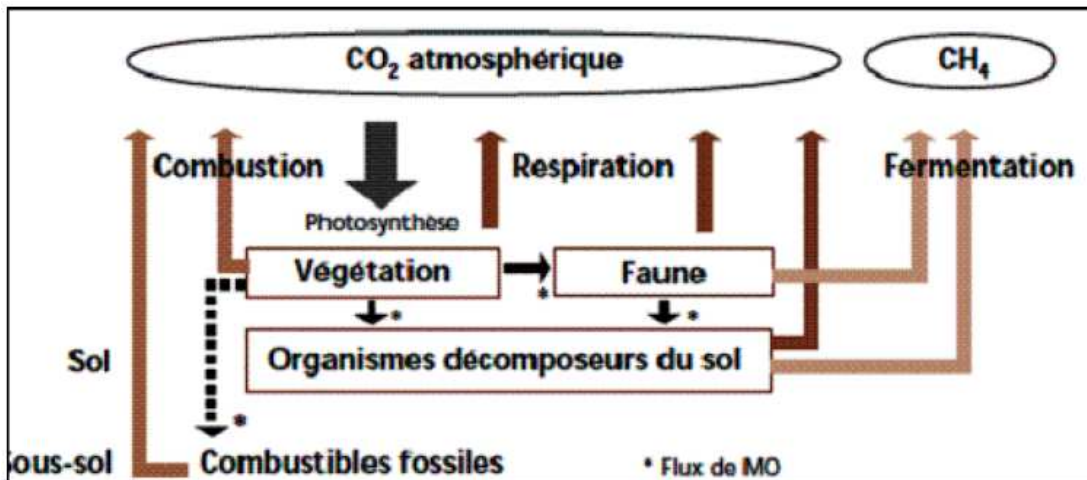
Ces processus peuvent conduire à un déficit ou un excédent d'éléments nutritifs d'origine agricole, et donc d'émissions de  $N_2O$ , en fonction d'un certain nombre de facteurs parmi lesquels on peut citer :

- la nature des éléments fertilisants,
- le rendement de l'utilisation des éléments fertilisants par les plantes,
- le type de système d'élevage/de culture,
- la capacité d'assimilation écologique de l'agro-écosystème,
- la teneur naturelle en éléments nutritifs,
- les pratiques de gestion de l'exploitation agricole, notamment l'époque et la méthode d'épandage des éléments fertilisants et les conditions de stockage.

Le CITEPA précise qu'en 2009 les émissions totales des sols agricoles français s'élevaient à 150.000 tonnes de  $N_2O$  environ. Ce niveau annuel d'émission par les sols agricoles correspondrait à un déstockage de 12 MtC/an.

### II 2.2.3.3 Les émissions de CO<sub>2</sub> et le cycle du carbone

#### □ Le cycle du carbone



A l'échelle planétaire, les stocks de C atteignent 750 Gt dans l'atmosphère, 650 Gt dans la végétation, et 1500 Gt dans les sols. Les échanges moyens annuels entre biosphère continentale et atmosphère s'élèvent à 120 GtC/an.

Source : INRA, « Stocker du carbone dans les sols agricoles de France ? », synthèse du rapport d'expertise d'octobre 2002 )

#### **Le cycle du carbone dans les écosystèmes terrestres**

La photosynthèse est la voie quasi unique de fixation biologique du CO<sub>2</sub> atmosphérique dans ces écosystèmes. La matière organique (MO) ainsi synthétisée finit toujours par être dégradée : par la respiration (avec libération de CO<sub>2</sub>) ou, en conditions anaérobies, par fermentation (avec libération de CH<sub>4</sub>). Cette MO peut également être détruite par combustion, qui dégage également du CO<sub>2</sub>.

Le carbone peut être stocké dans le sol essentiellement sous forme organique. Cette matière organique provient des organes (feuilles, racines...) et organismes morts, des déjections animales, mais aussi de la rhizodéposition (molécules organiques excrétées par les racines dans le sol), et comprend la biomasse microbienne. La vitesse de minéralisation de la MO par des micro-organismes, avec libération de CO<sub>2</sub>, dépend de sa composition et des conditions physico-chimiques locales (humidité, température, oxygène, présence de particules minérales, notamment argileuses, ...).

→ Il n'existe pas (quasiment) de stockage définitif de carbone dans les sols, car toute MO est à terme minéralisée. Les temps de résidence du C organique dans les sols, qui sont en moyenne de quelques dizaines d'années, vont de quelques heures à plusieurs millénaires. L'évolution du stock de C est déterminée par le bilan entrée de matière organique / sortie de CO<sub>2</sub>.

## Variabilité des teneurs en C des sols et difficultés d'évaluation des stocks

- **Difficultés d'estimation des stocks de carbone**

Les estimations de stocks reposent toujours sur des mesures ponctuelles de teneurs en C des sols, converties ensuite en stock (passage d'une teneur rapportée à une masse de sol à un stock rapporté à un volume); des valeurs moyennes de stocks sont ensuite extrapolées à des surfaces considérées comme homogènes. Ces estimations se heurtent à deux difficultés majeures :

- **La grande variabilité des stocks**

Il existe une forte variabilité temporelle et géographique des stocks de C dans les sols, ainsi qu'un gradient vertical marqué (les teneurs en C plus élevées en surface, décroissent en profondeur) mais variable. Les facteurs susceptibles d'affecter le stock de C sont multiples et leurs interactions complexes.

En France, type de sol et occupation du sol apparaissent comme les déterminants majeurs du niveau des stocks, mais la dispersion des valeurs des stocks reste importante même au sein de classes définies en croisant ces deux critères.

- **La faiblesse des données**

Dans certaines situation, les données disponibles sont trop peu nombreuses (échantillonnage insuffisant par rapport à la variabilité existante), pas toujours fiables et complètes (pas assez de mesures de la densité apparente...), ni souvent comparables entre elles (différences de techniques d'analyse, d'épaisseur de sol prise en compte...). Les risques d'erreurs et d'extrapolations abusives sont alors importants.

→ La connaissance même des stocks moyens est difficile ; les estimations mondiales publiées varient d'ailleurs du simple au double. Il est toutefois possible, en prenant quelques précautions méthodologiques, d'obtenir des estimations des stocks, dont il faut surtout retenir des ordres de grandeur.

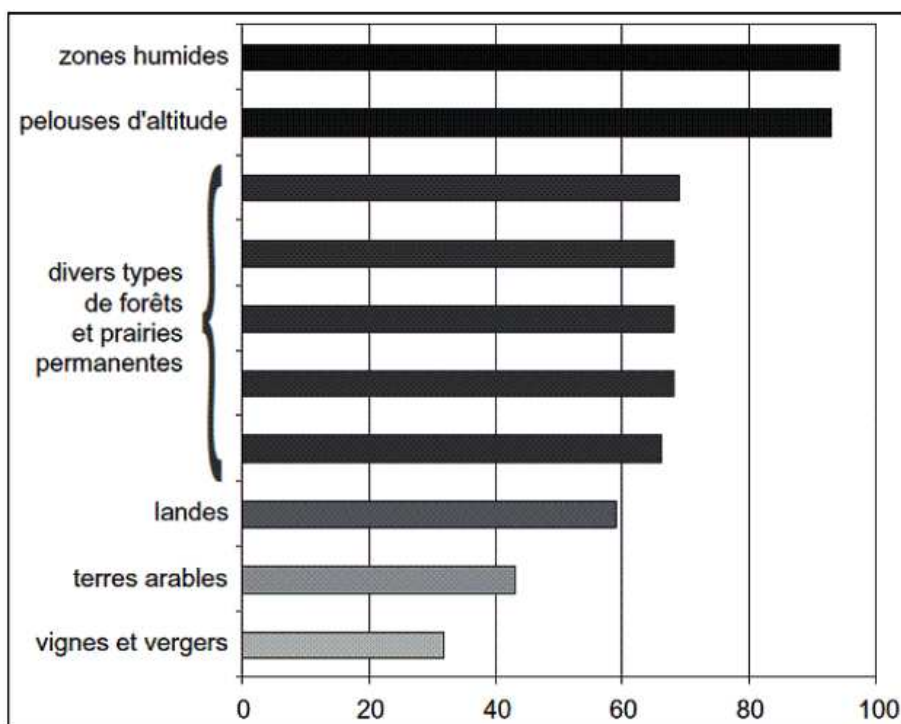
→ Il est en outre difficile de mettre en évidence des variations de stocks, qui restent très faibles comparées à des stocks eux-mêmes très variables.

- **Stocks de carbone selon les modes d'occupation et les types de sols**

Les stocks moyens par **occupation du sol** varient de 30 à 90 tC/ha ; ils se répartissent en 3 groupes :

- Les sols sous cultures annuelles et cultures pérennes avec sol nu, dont les stocks sont inférieurs à 45 tC/ha. Vignes et vergers, cultures à très faibles restitutions organiques présentent les stocks les plus faibles : environ 32 tC/ha. Pour les terres arables, les stocks sont également bas : 43 tC/ha en moyenne ;
- Les sols sous prairies permanentes et forêts (litière exclue), avec des stocks de près de 70 tC/ha ;
- Les sols des pelouses d'altitude et des zones humides, dont les stocks sont supérieurs à 90 tC/ha.

□ **Les stocks de carbone organique (en t.ha<sup>-1</sup>) des trente premiers centimètres des sols de France en fonction du type d'occupation du sol**



Source : INRA, expertise scientifique collective, 2002

**Où sont les stocks de carbone dans les sols ?**

Les stocks les plus importants de carbone organique sont dans les trente premiers centimètres du sol.

On trouve pour ce qui concerne les stocks moyens :

- les stocks les plus faibles (<40 tC/ha) :
  - o en région viticole, à climat chaud et sols peu épais,
  - o dans quelques zones de culture très intensive ;
- les stocks faibles (40-50 tC/ha) :
  - o dans les grandes plaines de culture intensive
  - o sur les sols limoneux plus ou moins dégradés ;
- les stocks (50-70 tC/ha) :
  - o dans les grandes régions forestières et/ou fourragères ;
- les stocks les plus élevés (supérieurs à 90 tC/ha):
  - o en situations climatiques (montagne),
  - o et/ou pédologiques (marais) extrêmes.

Plus généralement, le cycle du carbone et le cycle de l'azote demanderont des études théoriques et appliquées à la région, pour affiner le SRCAE.

→ L'effet majeur en termes de stockage additionnel sera obtenu par passage du premier groupe (sols sous cultures annuelles et cultures pérennes avec sol nu) au second groupe (sols sous prairies permanentes et forêt). Prairies et forêts présentent des potentiels de stockage de C dans les sols très voisins. Les stocks moyens de C par **types de sol** varient de 40 tC/ha (sols sableux ou squelettiques) à 100 tC/ha (sols argileux ou hydromorphes).

→ Les disparités régionales traduisent des différences d'occupations du sol, mais aussi de conditions pédoclimatiques. Les potentiels de stockage de C sont très inégaux selon les régions.

Les cinétiques de stockage de C sont :

- **non linéaires** : elles sont plus rapides durant les premières années qui suivent l'adoption d'une pratique "stockante". La phase de stockage n'excède généralement pas quelques dizaines d'années. A pratique constante, les stocks tendent vers un palier correspondant à l'installation d'un nouvel équilibre (où entrées et minéralisation de MO se compensent).
- **plus lentes** que celles de déstockage. Sur 20 ans, par exemple, le stockage lié à la conversion terre arable → forêt est deux fois plus faible que le déstockage induit par la conversion inverse.

Ces caractéristiques ont plusieurs conséquences :

- Il existe un risque de surestimation du stockage par extrapolation de flux annuels moyens sur des périodes trop longues ;
- Le stockage dans les sols ne représente pas une solution durable sur le long terme de réduction du CO<sub>2</sub> atmosphérique. Après quelques dizaines d'années, les stocks n'augmentent plus mais leur conservation nécessite le maintien des pratiques ayant permis leur accumulation ;
- L'abandon ou l'interruption temporaire des pratiques "stockantes" se traduit le plus souvent par un déstockage rapide. Pour être efficace, l'adoption d'une pratique doit donc s'accompagner d'un engagement à la maintenir à long terme. Si des interruptions s'avèrent nécessaires, le stockage revendiqué doit être revu à la baisse ;
- Le flux annuel de stockage n'est pas indépendant de l'histoire de la parcelle. On ne peut donc évaluer le stockage de C intervenu entre deux dates à partir de la seule mesure des surfaces concernées par les changements d'usage ou d'activités intervenus durant cette période. Il est nécessaire de connaître les matrices de changement d'occupation du sol.

→ Le bilan des émissions de GES n'est pas toujours connu avec précision. Mais il est probable que certaines pratiques favorables au stockage de C puissent présenter un bilan très faible en termes de réduction de l'effet de serre.

→ Beaucoup de lacunes persistent dans les connaissances, qui se traduisent en incertitudes sur les quantifications, voire sur le sens des évolutions attendues. Les bilans sont donc difficiles à établir.

→ Pour quantifier le potentiel de stockage au niveau national, un bilan global du **secteur "prairies-élevages"**, s'avère nécessaire. Ce bilan devra notamment inclure les émissions de CH<sub>4</sub> par les ruminants, poste important d'émission agricole de GES, et les émissions de N<sub>2</sub>O associées au pâturage et à la fixation symbiotique. Sa réalisation nécessitera une action de recherche spécifique.

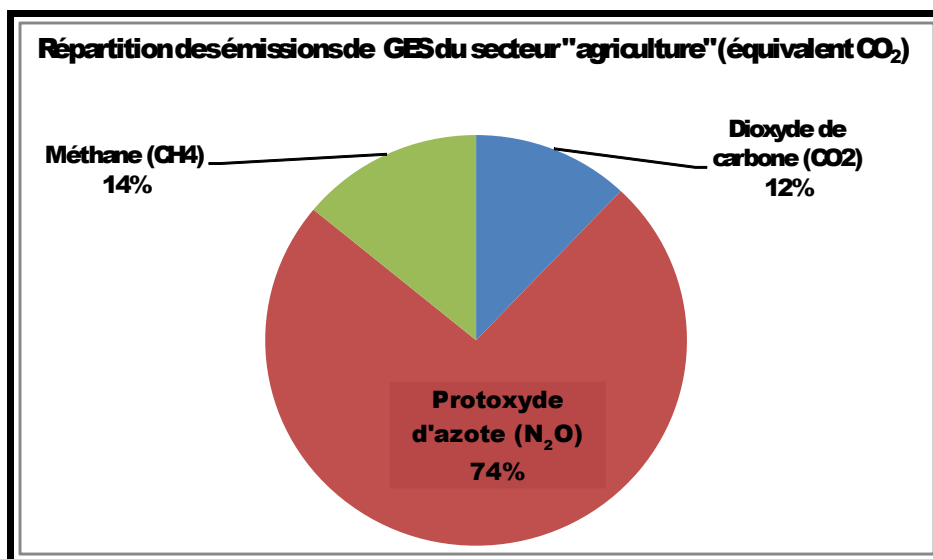
## II 2.2.3.4 Données régionales

Les émissions du secteur agricole sont estimées à 6.667 kteqCO<sub>2</sub> (28,5% des émissions régionales).

Cette proportion supérieure à la moyenne nationale s'explique par l'importance de l'agriculture régionale tant au niveau national qu'europpéen (la région produit 6 fois plus d'énergie alimentaire qu'elle n'en consomme). Il convient de rappeler que cette proportion doit être interprétée avec les précisions données au paragraphe III.1.2.

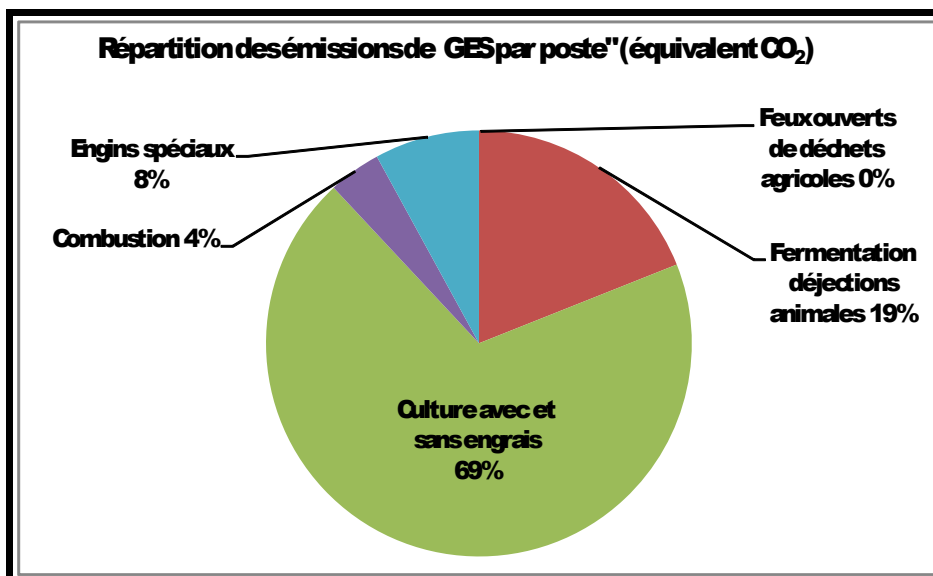
Les deux graphiques suivants indiquent l'origine des GES soit en fonction de la nature du gaz, soit en fonction du poste émetteur. Ils mettent en évidence le rôle prépondérant des cultures et des émissions de protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O) liées à la fertilisation.

- **Répartition des émissions de gaz à effet de serre du secteur agricole par gaz en équivalent CO<sub>2</sub> en 2008**



Source : Lig'Air (juin 2011)

- **Répartition des émissions de gaz à effet de serre du secteur agricole par poste en équivalent CO<sub>2</sub> en 2008**



Source : Lig'Air (juin 2011)

#### **II.2.2.4 Le secteur du transport**

Les émissions du secteur du transport sont estimées à 6.629 kteqCO<sub>2</sub> (28,3% des émissions régionales). Le transport routier à lui seul représente 6.585 kteqCO<sub>2</sub>. Le dioxyde de carbone représente 97% des GES émis en équivalent CO<sub>2</sub>.

L'utilisation de GES pour les besoins de transport frigorifique ou de climatisation embarquée représente en 2008 environ 1,5% des émissions en équivalent CO<sub>2</sub>.

Le trafic ferroviaire, la navigation fluviale et le trafic aérien représentent moins de 1% des émissions de GES du secteur du transport.





## **III. L'analyse de la vulnérabilité du territoire aux effets des changements climatique**

**III.1. L'adaptation aux changements climatiques**

**III.2. La vulnérabilité de la région aux  
changements climatiques**



## **Contenu du rapport du SRCAE**

L'article R.222-2-I du code de l'environnement prévoit que le rapport du SRCAE comprend « une analyse de la vulnérabilité de la région aux effets des changements climatiques, qui identifie les territoires et les secteurs d'activités les plus vulnérables et identifie les enjeux d'adaptation auxquels ils devront faire face ».

La présente partie du rapport présente la situation de la région Centre et la vulnérabilité des secteurs ainsi que les enjeux d'adaptation les concernant.

### **III.1 L'adaptation aux changements climatiques**

La vulnérabilité aux changements climatiques est définie par le GIEC comme « le degré par lequel un système risque de subir ou d'être affecté négativement par les effets néfastes des changements climatiques, y compris la variabilité climatique et les phénomènes extrêmes. La vulnérabilité dépend du caractère, de l'ampleur, et du rythme des changements climatiques auxquels un système est exposé, ainsi que de sa sensibilité et de sa capacité d'adaptation ».

L'adaptation, qui vise à réduire notre vulnérabilité aux conséquences du changement climatique, poursuit quatre grandes finalités :

- Protéger les personnes et les biens en agissant pour la sécurité et la santé publique ;
- Tenir compte des aspects sociaux et éviter les inégalités devant les risques ;
- Limiter les coûts et tirer parti des avantages ;
- Préserver le patrimoine naturel.

De nombreuses mesures visant à réduire la vulnérabilité aux changements climatiques cherchent en fait d'abord à réduire la vulnérabilité au climat actuel et à sa variabilité (notamment aux événements extrêmes actuels) : être adapté aux changements climatiques, c'est d'abord être adapté à la situation présente.

### **III.2 La vulnérabilité de la région aux changements climatiques**

Tous les secteurs d'activité seront affectés par les modifications du climat et l'augmentation de la fréquence des phénomènes extrêmes. Cependant, l'agriculture, la sylviculture et la biodiversité ainsi que la santé semblent les plus vulnérables.

Le réchauffement va modifier sensiblement le fonctionnement de la végétation cultivée : le réchauffement se combine avec l'augmentation de CO<sub>2</sub> pour stimuler la photosynthèse, sous réserve que l'eau soit disponible dans le sol. Les différents types de végétation réagiront de manière différente à ce changement, d'autant plus que l'accès à certains éléments minéraux pourra jouer un rôle limitant. Les règles de la compétition entre eux seront également affectées (ainsi que celles entre les cultures et les mauvaises herbes). Les mêmes effets peuvent être diagnostiqués pour les pathogènes et insectes parasites, ainsi que pour l'ensemble de la population animale domestique (élevage).

Du point de vue de la répartition des espèces, et notamment des insectes, des effets liés au réchauffement récent des vingt dernières années peuvent déjà être observés (remontée de la chenille processionnaire du pin par exemple).

### **III.2.1 Le secteur agricole**

L'agriculture en région Centre risque ainsi d'être un secteur particulièrement impacté par le changement climatique. Parmi les éléments majeurs à retenir :

- Le déplacement des zones de cultures peut conduire à des modifications profondes du tissu agricole ;
- Le changement climatique peut avoir des effets bénéfiques sur le rendement du maïs et du blé (point fort de l'agriculture en région Centre), mais cela s'accompagne d'une augmentation du besoin en eau. Or, les ressources en eau sont déjà fragiles et le seront d'autant plus dans un contexte de changement climatique (passage d'une moyenne de 20 jours de sécheresse par an sur la période 1961-2009 à 36 à 42 jours par an pendant le 21<sup>ème</sup> siècle selon le scénario GIEC retenu) ;
- Plus particulièrement sur la viticulture, la vulnérabilité porte sur l'évolution des pratiques culturales et œnologiques, ainsi que l'évolution du goût et de la qualité des vins. La bonne structuration de la filière peut permettre de diminuer le risque, mais des moyens d'accompagnement peuvent être envisagés plus spécifiquement sur ce type de culture.

### **III.2.2 La sylviculture et la biodiversité**

Le réchauffement climatique pourrait avoir complètement changé le visage de la forêt française en 2100 : selon une étude réalisée par l'Institut national de la recherche agronomique (Inra) et Météo France, une augmentation de la température moyenne de 2°C entraînerait un triplement en France des surfaces des espèces méditerranéennes comme l'olivier, le chêne vert et diverses espèces de pins en France.

L'impact du changement climatique sur les ressources en eau a une conséquence directe sur les milieux naturels et leur biodiversité. Les travaux de l'Inra montrent ainsi que l'aire potentielle du hêtre est susceptible de se déplacer fortement vers l'Est, avec un risque de disparition presque totale du hêtre en région Centre à la fin du 21<sup>ème</sup> siècle. A contrario, l'aire potentielle du chêne vert se déplacerait vers le Nord et pourrait faire son apparition en région Centre.

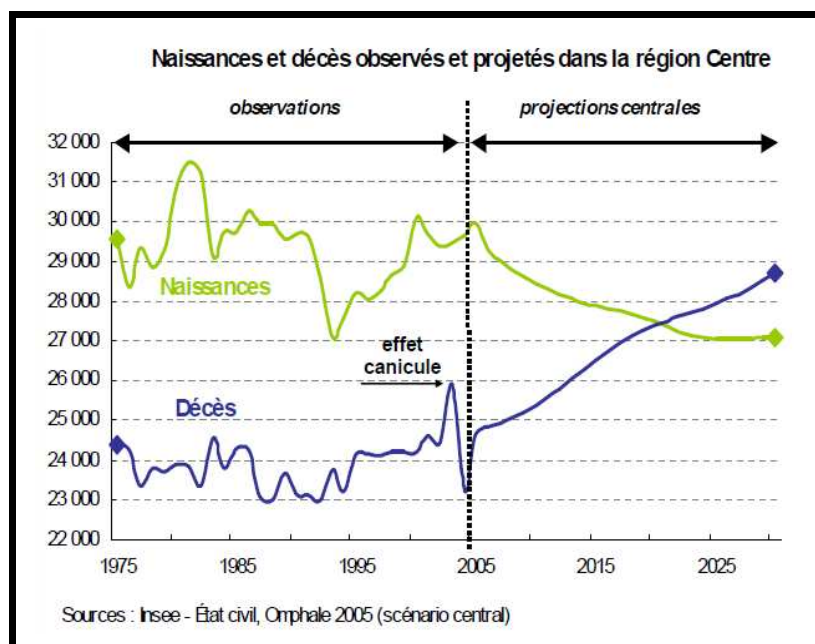
La forêt sera impactée par un risque accru de sécheresse et de tempête. La probabilité d'une aggravation du risque incendie doit également être notée.

Des travaux réalisés dans le cadre du Plan Loire Grandeur Nature étudient la vulnérabilité aux changements climatiques des espèces de la région Centre et plus particulièrement de celles présentes le long de la Loire. Deux paramètres sont pointés : la tolérance aux inondations et l'impact d'une évolution des températures.

### **III.2.3 La santé**

La région s'achemine vers un vieillissement inéluctable de sa population. La part des personnes âgées de 60 ans ou plus dans la population régionale avait déjà augmenté entre 1975 et 2005, passant de 20 % à 23 % (de 19 % à 21 % en France métropolitaine). Si les tendances démographiques récentes se poursuivaient, la proportion de seniors atteindrait 33 % en 2030 (29 % en métropole). Or les populations âgées sont les plus sensibles aux phénomènes extrêmes.

## □ Naissances et décès dans la région Centre



Source : CESER Centre « étude prospective démographie 2030 », d'après l'Insee

Les modèles climatiques développés en France montrent que l'épisode caniculaire qui a été observé en France durant l'été 2003 – et qui n'avait pratiquement aucune chance de se produire dans le cadre des conditions climatiques du XIX<sup>ème</sup> siècle – correspondra à des étés « normaux » à la fin du XXI<sup>ème</sup> siècle.

Les vulnérabilités associées à la santé portent sur deux thèmes :

- D'une part, les risques de surmortalité liés aux canicules. Deux phénomènes convergent pour accentuer la vulnérabilité de la région Centre : le vieillissement de la population et l'augmentation de la fréquence des canicules. Ce risque est accentué en milieu urbain par les îlots de chaleur, ce phénomène pouvant être compensé par une plus grande présence de la nature en ville. Le changement climatique pourra également avoir des impacts positifs sur la santé, comme une baisse de la mortalité due au froid l'hiver ;
- D'autre part, les risques liés aux pollutions atmosphériques. La région Centre dispose d'une qualité de l'air plutôt bonne. L'impact de la présence de polluants atmosphériques peut être une recrudescence des affections respiratoires, des irritations oculaires, de la morbidité cardiovasculaire, voire des effets mutagènes et cancérigènes à long terme (source : Observatoire Régional de la Santé d'Île-de-France, étude ERPURS menée sur des données 1987-2000).

### III.2.4 Le secteur résidentiel

Si les zones inondables de la Loire ne représentent que 2,6 % du territoire régional, elles concentrent une grande partie des personnes et activités exposées au risque d'inondation. Ainsi, 250.000 personnes, concentrées pour moitié dans les 12 villes ligériennes de plus de 10.000 habitants, sont exposées au risque d'inondation. Un quart de la population de ces villes, soit 30.000 habitants, réside sous 2 mètres d'eau potentiels.

L'augmentation des températures hivernales associée au réchauffement climatique constitue un effet favorable du réchauffement climatique. Toutefois, la question du confort d'été est une préoccupation nouvelle. Les projections des modèles climatiques mettent en évidence une augmentation des températures moyennes estivales et de la variabilité des températures d'une année à l'autre, tout ceci entraînant un risque accru de canicules l'été. Les villes y sont particulièrement vulnérables du fait de l'existence d'îlots de chaleur urbains (ICU). Ils désignent l'excès des températures de l'air observées régulièrement, près du sol, dans les zones urbaines en comparaison avec les zones rurales qui les entourent. Selon plusieurs études rassemblées par Oke (1987), les maxima d'intensité de l'ICU peuvent aller de 2°C pour une ville de 1000 habitants jusqu'à 12°C pour une ville de plusieurs millions d'habitants. Adapter l'habitat et l'urbanisme signifie, d'une part, favoriser un meilleur confort thermique dans les bâtiments et les rues (meilleure protection face à la pénétration de la chaleur) et, d'autre part, lutter contre la présence d'un îlot de chaleur urbain (mise en place de revêtements des rues et des toits réfléchissant le rayonnement solaire, végétalisation de la ville [Gill et al., 2007] etc.).

D'autres effets défavorables sont à attendre dans le secteur :

- Mouvements de terrain plus fréquents surtout dans les zones argileuses (Nord d'Orléans, Sud Ouest de Tours) ;
- Augmentation du prix du foncier en zone non inondable.

### **III.2.5 La production d'énergie**

Dans un scénario d'augmentation des températures et de diminution des précipitations, on peut anticiper une hausse de la demande d'énergie électrique en été pour la climatisation et la réfrigération. On constate en Espagne que la consommation d'électricité aux périodes de forte chaleur est désormais pratiquement au niveau de la consommation hivernale.

Simultanément, la production d'électricité hydraulique pourra être affectée par la répartition différente des précipitations dans le temps et dans l'espace.

L'expérience de la canicule en 2003 a aussi confirmé la dépendance des centrales nucléaires, et plus généralement des centrales thermiques, à la disponibilité en eau en quantité suffisante pour le refroidissement. La difficulté est de respecter les normes environnementales en quantité (débits réservés) et en qualité (température en aval des installations).

On peut par ailleurs s'attendre à des changements dans la production éolienne et solaire du fait du recul de la couverture nuageuse et de la modification des régimes de vent.

D'autre part, la probabilité de dommages directs aux infrastructures de transport et de fourniture d'énergie causés par le gel, les affaissements, les inondations et vents puissants pourraient augmenter.

### **III.2.6 Le secteur industriel**

Là encore, la vulnérabilité est fortement associée à l'eau : risques de sécheresse pouvant impacter la production, risques d'inondations pouvant affecter les unités de production situées en zone inondable.

En outre, le changement climatique et notamment la hausse des températures peuvent affecter la productivité des bâtiments (surchauffe), des équipements (idem) et des salariés (risques sanitaires associés au changement climatique).

Le risque d'inondation n'épargne pas les entreprises puisque 11.000 d'entre elles, soit 22% des entreprises des zones d'emploi ligériennes en région Centre sont exposées.

Dans le secteur de l'agriculture, ce sont 60.000 hectares agricoles qui sont concernés par ce risque. Au total, le risque d'inondation sur la Loire concerne 60.000 emplois.

Un autre enjeu lié à la ressource en eau est la forte diminution de la ressource, dans un contexte de concurrence des usages.

### **III.2.7 Le secteur tertiaire (services et administration)**

Les changements climatiques auront des effets antagonistes sur ce secteur :

- Augmentation du besoin d'assurance aux phénomènes extrêmes ;
- Augmentation du besoin dans certains produits ;
- Altération possible des matériels employés (informatique) ;
- Risques d'inondation des locaux situés dans les zones à risque.

### **III.2.8 Le secteur du transport**

Les effets du changement climatique sont globalement défavorables aux infrastructures de transport.

Les effets du changement climatique et de la hausse du coût des énergies peuvent ici être contradictoires. La hausse du coût des énergies conduit à privilégier les infrastructures de transport en commun, mode moins consommateur en énergies fossiles que les véhicules particuliers, donc moins sensible à cette hausse. Néanmoins, les grosses infrastructures sont vulnérables aux événements extrêmes (canicules notamment, du fait de l'impact sur la production d'électricité). Les données sur ce point sont encore difficilement exploitables, et des études devront encore être menées pour évaluer la vulnérabilité des infrastructures.

En matière de réseaux de transport, aussi bien routiers que ferroviaires, des risques accrus de coupure par des inondations ou des interruptions de la circulation liées à la chaleur sont à craindre. Des risques de destruction des voies de communication par des glissements de terrain sont aussi à envisager et devront être pris en considération dans la définition des tracés. Toutefois l'effet sur le coût de maintenance de la voirie est difficile à apprécier entre l'incidence de ces risques et les hivers moins rigoureux.

### **III.2.9 Le tourisme**

Le changement climatique peut avoir des effets à la fois positifs et négatifs sur le tourisme régional. En effet, du fait de l'augmentation des températures nationales, il a été établi que les flux touristiques allaient s'orienter plutôt vers le nord, ce qui pourrait bénéficier à la région.

### **III.2.10 La raréfaction des énergies fossiles**

Une autre dynamique accompagne le changement climatique : la fin des énergies fossiles (charbon, pétrole et gaz). Les réserves fossiles étant limitées et déjà largement entamées en un siècle et leur consommation en constante augmentation, leur épuisement est déjà inscrit dans le temps (2020 pour le pic pétrolier notamment).

Le contexte énergétique et climatique allant fortement changer, il est urgent de modifier les habitudes de consommation d'énergies (l'efficacité énergétique) et de privilégier des solutions alternatives au recours aux énergies fossiles, émettrices de gaz à effet de serre. D'où l'enjeu du développement des énergies renouvelables pour lesquelles il existe des marges de progression importantes.





## **IV. L'inventaire des émissions de polluants atmosphériques et la qualité de l'air**

- IV.1. Les acteurs de la surveillance de la qualité de l'air**
- IV.2. Le réseau de surveillance de la qualité de l'air**
- IV.3. La qualité de l'air et ses effets sanitaires**
- IV.4. Les conséquences de la pollution de l'air autres que sanitaires**
- IV.5. Les zones sensibles**
- IV.6. Le bilan de la pollution atmosphérique depuis 2005**



## Contenu du rapport du SRCAE

L'article R.222-2-I du code de l'environnement prévoit que le rapport du SRCAE comprend :

- « Un inventaire des principales émissions des polluants atmosphériques, distinguant pour chaque polluant considéré les différentes catégories de sources, ainsi qu'une estimation de l'évolution de ces émissions » ;
- « Une évaluation de la qualité de l'air au regard notamment des objectifs de qualité de l'air » et « de ses effets sur la santé, sur les conditions de vie, sur les milieux naturels et agricoles et sur le patrimoine ainsi qu'une estimation de l'évolution de cette qualité ».

La présente partie du rapport présente :

- Dans le paragraphe IV.1, les acteurs de la surveillance de la qualité de l'air ;
- Dans le paragraphe IV.2, le réseau de surveillance de la qualité de l'air ;
- Dans le paragraphe IV.3, la qualité de l'air et ses effets sanitaires ;
- Dans le paragraphe IV.4, les conséquences de la pollution de l'air autres que sanitaires ;
- Dans le paragraphe IV.5, les zones sensibles ;
- Dans le paragraphe IV.6, le bilan de la pollution atmosphérique depuis 2005.

Un glossaire figure à la fin de la présente partie.

### IV.1 Les acteurs de la surveillance de la qualité de l'air

Au niveau régional, les principaux acteurs œuvrant sur la thématique de la surveillance de la qualité de l'air sont les suivants :

- **Lig'Air** : association de type loi 1901 agréée par le Ministère chargé de l'environnement (arrêté ministériel du 25 octobre 2010). Lig'Air a été créée en novembre 1996. Elle regroupe ses adhérents en 4 collèges conformément au Code de l'environnement :
  - Les collectivités territoriales ou leur groupement ;
  - Les émetteurs de substances polluantes ;
  - L'État et les établissements publics ;
  - Les associations et les organismes qualifiés.

Elle réalise le suivi en continu des concentrations de 12 indicateurs de pollution de l'air : dioxyde de soufre, dioxyde d'azote, ozone, monoxyde de carbone, particules en suspension (PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub>), benzène, benzo(a)pyrène, plomb, arsenic, nickel, cadmium.

Lig'Air effectue également des campagnes de mesures des pesticides et d'évaluation de la qualité de l'air intérieur.

Le programme de surveillance de la qualité de l'air élaboré par Lig'Air dresse la stratégie de surveillance à mettre en œuvre entre 2010 et 2015.

## Comment est traitée la qualité de l'air intérieur ?

### Étude nationale sur la qualité de l'air intérieur – 2009-2011

Le gouvernement a lancé une campagne de mesures de la qualité de l'air intérieur dans les crèches et écoles françaises, dans le cadre du Plan National Santé Environnement (PNSE). Entre 2009 et 2011, près de 300 établissements ont ainsi fait l'objet de mesures portant sur le formaldéhyde et le benzène, deux polluants classés parmi les agents cancérigènes pour l'homme. La région Centre a été concernée par la deuxième phase de mesures en 2010-2011, dans le cadre du Plan Régional Santé Environnement (PRSE). Ces mesures ont été réalisées par Lig'Air.

#### ➤ **Les services déconcentrés de l'État :**

- **La DREAL** créée en janvier 2010, est notamment chargée du suivi de la qualité de l'air ambiant et intérieur, de la planification dans le domaine de l'air (PPA), de la surveillance des émissions industrielles et du suivi local du plan national d'allocation des quotas d'émissions de gaz à effet de serre.
- **L'Agence Régionale de Santé (ARS)**, est chargée de la mise en œuvre des missions de protection de la santé publique.
- **Le Conseil régional du Centre**, a assuré l'élaboration du Plan Régional pour la Qualité de l'Air (PRQA) approuvé en février 2010.

## Que devient le Plan Régional pour la Qualité de l'Air ?

Les orientations du PRQA sont prises en compte par le SRCAE, de manière à prévenir ou réduire la pollution atmosphérique, en atteignant les objectifs de qualité de l'air fixés par le Code de l'Environnement. A son approbation, le SRCAE se substitue au PRQA, en application du décret n° 2011-638 du 16 juin 2011 relatif au SRCAE et de l'article R 222-2-II-2° du Code de l'environnement.

- **La délégation régionale de l'ADEME :** L'ADEME soutient la recherche et le développement sur la réduction des émissions de polluants provenant des sources fixes (notamment des installations industrielles) et des transports. Elle apporte son expertise aux autorités publiques et participe à la mise en place d'opérations de sensibilisation aux enjeux de la pollution atmosphérique.
- **Les acteurs mettant en œuvre des actions de réduction des émissions, de prévention et de sensibilisation :** collectivités locales, acteurs économiques, associations intervenant dans le domaine de l'environnement et de la santé.

## IV.2 Le réseau de surveillance de la qualité de l'air

### IV.2.1 L'organisation de la surveillance

En région Centre, la surveillance de la qualité de l'air a été organisée selon 4 zones administratives de surveillance (ZAS) en 2010 :

- Zone PPA de Tours ;
- Zone PPA d'Orléans ;

- Zone Urbanisée Régionale (ZUR) comprenant les agglomérations de Blois, Bourges, Chartres, Châteauroux et Montargis ;
- Zone Régionale (ZR) sur le reste de la région, dont les agglomérations de Dreux et Vierzon.

Auparavant, il n'existait que trois zones de surveillance :

- Zone PPA de Tours ;
- Zone PPA d'Orléans ;
- Zone non agglomération.

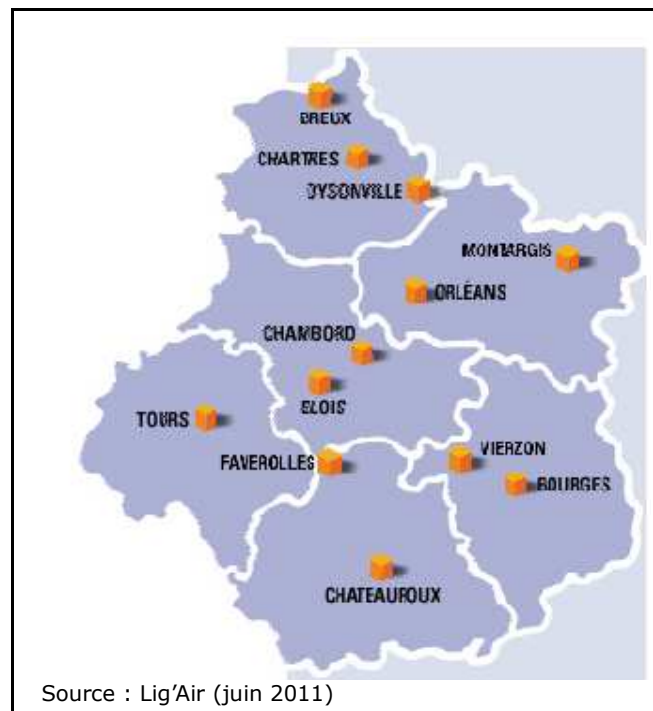
Ce découpage ainsi que les constats sur la qualité de l'air permettent de dimensionner et de faire évoluer le réseau de surveillance.

Le réseau est constitué de deux types de stations de mesures, à savoir les stations fixes et les stations mobiles.

#### IV.2.2 Les stations fixes

Le réseau régional de mesures est constitué au 1er janvier 2011 de 26 stations fixes de mesures réparties sur les 9 grandes agglomérations de la région Centre (Blois, Bourges, Chartres, Châteauroux, Dreux, Montargis, Orléans, Tours, Vierzon) et sur la zone rurale.

##### □ Localisation des stations de surveillance de la qualité de l'air



**Les stations urbaines** : au nombre de 18 au 1er janvier 2011, elles sont installées dans des quartiers densément peuplés éloignés de toute source de pollution. Elles permettent d'estimer la pollution de fond en milieu urbain. Les polluants mesurés sur ce type de station sont les particules en suspension (PM<sub>10</sub>), le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>), l'ozone (O<sub>3</sub>), et le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>).

**Les stations périurbaines** : au nombre de 2 au 1er janvier 2011, elles sont implantées en périphérie de grandes villes. Elles permettent d'estimer l'impact du centre urbain sur la périphérie de l'agglomération et d'étudier l'évolution des polluants photochimiques comme l'ozone (O<sub>3</sub>).

**Les stations de proximité automobile** : au nombre de 2 au 1er janvier 2011, elles sont implantées à moins de 10 mètres d'une voie à grand trafic routier, là où le risque d'exposition est maximal. Les polluants mesurés sont ceux d'origine automobile : le monoxyde de carbone (CO), les oxydes d'azote (NO et NO<sub>2</sub>) et les particules en suspension (PM<sub>10</sub>).

**Les stations rurales** : au nombre de 3 au 1<sup>er</sup> janvier 2011, elles sont installées dans des zones de faible densité de population et éloignées de toute activité polluante. Ces stations permettent de mesurer les teneurs de fond en ozone (O<sub>3</sub>).

**La station rurale nationale** : installée en 2009, elle permet de mesurer les PM<sub>10</sub> et les PM<sub>2,5</sub>, le benzo(a)pyrène et les métaux (plomb, arsenic, nickel et cadmium).

### **IV.2.3 Les stations mobiles**

Lig'Air a été équipée d'une station mobile en mai 1998 par le Ministère chargé de l'environnement dans le but de surveiller la qualité de l'air dans les zones non couvertes par le réseau fixe en région Centre.

Cette station permet de mesurer les polluants suivants : le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>), le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>), le monoxyde de carbone (CO), les particules en suspension (PM<sub>10</sub>), l'ozone (O<sub>3</sub>), ainsi que les paramètres météorologiques (température, humidité, vitesse et direction du vent).

Lig'Air dispose, depuis fin 2008, d'une station mobile supplémentaire. Elle vient seconder la première station mobile dans les campagnes de mesures effectuées dans le cadre du Programme de Surveillance de la Qualité de l'Air (PSQA), dans les campagnes d'investigation de nouveaux sites dans le cadre du nouveau zonage européen ainsi que pour des études particulières.

## **IV.3 La qualité de l'air et ses effets sanitaires**

### **IV.3.1 Les polluants primaires et secondaires**

Il existe deux types de polluants, à savoir les primaires et les secondaires.

Les polluants primaires sont directement issus de sources de pollution : dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>), oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>), monoxyde de carbone (CO), composés organiques volatils (COV), particules primaires...

Les polluants secondaires n'ont pas de source d'émissions directes. Néanmoins, ils se forment par transformation chimique des polluants primaires dans l'air sous l'action du soleil, c'est-à-dire par ultraviolet. Ainsi, l'ozone est produit à partir des oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>) et de composés organiques volatils (COV).

Les valeurs présentées dans les pages qui suivent sont issues des travaux menés par Lig'Air et notamment de ses inventaires des émissions en région Centre en 2005 et 2008, accessibles sur son site internet : [www.ligair.fr](http://www.ligair.fr)

### Les inventaires Lig'Air 2005 et 2008 sont-ils comparables ?

Il convient de préciser que les méthodologies adoptées pour la réalisation de ces inventaires ont évolué entre 2005 et 2008, et que dans l'état actuel des travaux, il n'est pas possible d'effectuer des comparaisons entre les données contenues dans chacun d'entre eux. Par ailleurs, des données issues de l'inventaire 2005 peuvent figurer dans le présent état des lieux, en l'absence de données équivalentes pour l'inventaire 2008.

#### IV.3.2 Les oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>)

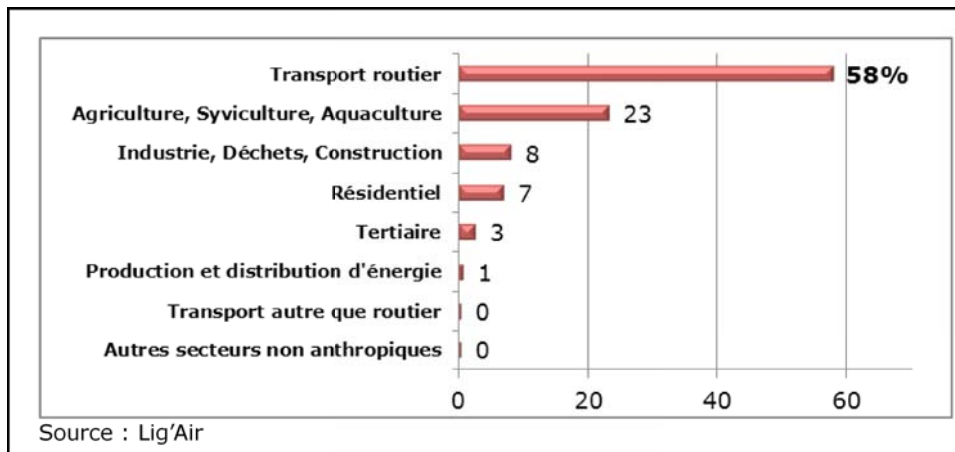
Ils sont principalement composés de monoxyde d'azote (NO) et dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>). Ils proviennent pour 60% des véhicules automobiles et des installations de combustion, mais sont issus également des pratiques agricoles et des activités industrielles.

Ils contribuent aux phénomènes des pluies acides (HNO<sub>3</sub>) et favorisent la formation d'ozone.

Les oxydes d'azote participent à la formation de l'ozone dont ils sont l'un des précurseurs sous l'effet du rayonnement solaire. Ils concourent également au phénomène des pluies acides, ainsi qu'à l'eutrophisation des sols. Parmi les oxydes d'azote, c'est le dioxyde d'azote qui est le plus nocif pour la santé humaine et ses niveaux sont réglementés dans l'air ambiant. Le dioxyde d'azote est un gaz irritant provoquant des irritations (yeux, nez, bouche), des troubles respiratoires et des affections chroniques. Compte tenu du fait que seuls les niveaux de dioxyde d'azote sont réglementés, la surveillance ne porte que sur ce composant.

##### IV.3.2.1 Les sources d'émissions des NO<sub>x</sub>

###### □ Sources d'émissions des NO<sub>x</sub>



En région Centre, les oxydes d'azote sont principalement émis par le trafic routier avec 57,8% des émissions régionales.

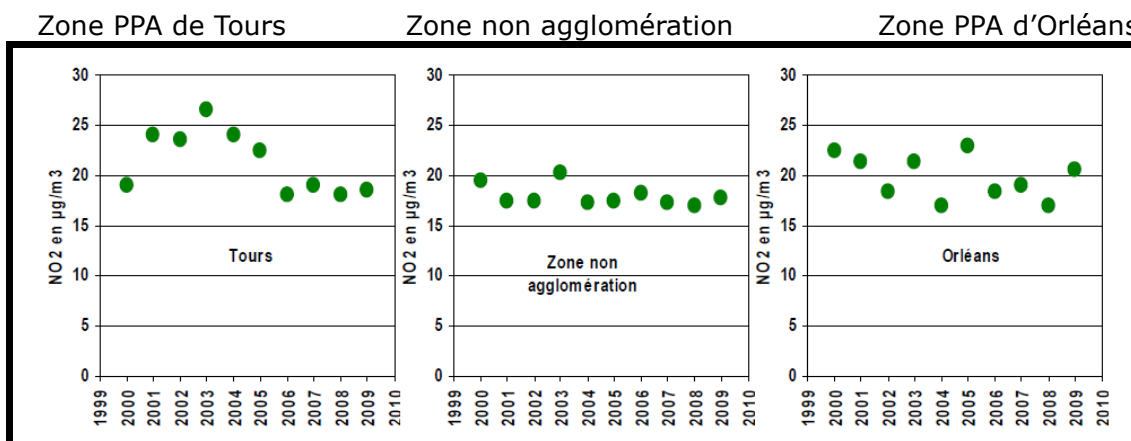
Selon la **Directive plafond 2001/81/CE**, la France doit respecter un plafond national d'émission de  $\text{NO}_x$  de 810 kt en 2010. En 2009 l'estimation française était de 1117 kt émises (source CITEPA, Optinec 4).

D'ici 2015, une baisse des émissions de 40% est nécessaire pour rattraper le plafond 2010 et se mettre dans la perspective des objectifs plafonds 2020.

### IV.3.2.2 Les résultats des mesures de la surveillance réglementaire des $\text{NO}_2$

Depuis 2000, une baisse progressive des concentrations de dioxyde d'azote est observée sur les sites de fond urbain en France comme en région Centre.

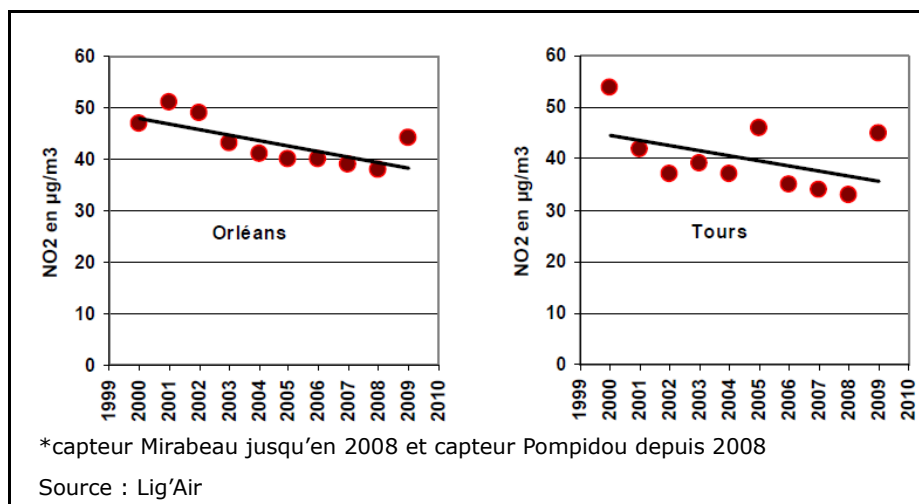
#### □ Résultats de la surveillance des $\text{NO}_2$



Source : Lig'Air

D'une manière générale, les mesures effectuées et les estimations témoignent de niveaux élevés à proximité du trafic automobile. Les dépassements des valeurs limites enregistrés sur les stations fixes de proximité trafic (à Orléans et à Tours) donnent lieu à la mise en place de plans d'actions dans le cadre des PPA.

#### □ Évolution des valeurs relevées du capteur trafic d'Orléans et de celui de Tours\*



En 2010 seul un jour de dépassement du seuil d'information et de recommandation a été enregistré sur chacun des sites « trafic » précités.

<b>Récapitulatif (NO<sub>2</sub>)</b>	
Pollution moyenne 😞	Pollution de pointe 😊

### IV.3.3 Les particules en suspension : PM<sub>TOT</sub>, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1,0</sub>

Ces particules sont constituées de substances minérales ou organiques.

Elles sont pour plus de la moitié d'origine naturelle (éruptions volcaniques, incendies de forêts, soulèvements de poussières désertiques), mais aussi d'origine anthropique (combustion industrielle, incinération, chauffage, véhicules automobiles, agriculture).

Leurs effets sur la santé dépendent de leur composition chimique et des polluants fixés sur ces particules. Les plus grosses particules (PM<sub>10</sub>, particules de diamètre inférieur à 10 µm) sont retenues par les voies aériennes supérieures. Par contre, celles de petite taille (PM<sub>2,5</sub>, particules de diamètre inférieur à 2,5 µm) pénètrent facilement dans les voies respiratoires et se déposent sur les alvéoles pulmonaires.

Elles peuvent de ce fait altérer la fonction respiratoire des personnes sensibles (enfants, personnes âgées, asthmatiques).

*La directive 2008/50/CE concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe impose aux Etats membres de limiter l'exposition de la population aux microparticules appelées PM<sub>10</sub>. La législation fixe des valeurs limites d'exposition concernant à la fois la concentration annuelle (40µg/m<sup>3</sup>) et la concentration journalière (50µg/m<sup>3</sup>). Cette dernière valeur ne doit pas être dépassée plus de 35 fois au cours d'une même année civile.*

<b>Valeur limite PM<sub>10</sub></b>	50 µg/m <sup>3</sup>	Moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 35 jours par année civile
	40 µg/m <sup>3</sup>	Moyenne annuelle civile
<b>Valeur limite PM<sub>2,5</sub></b>	25 µg/m <sup>3</sup>	Moyenne annuelle civile à partir de 2015

*Le programme CAFE (Clean Air For Europe) de la Commission européenne estimait qu'en France, en 2000, plus de 42 000 décès par an étaient en relation avec l'exposition chronique aux PM<sub>2,5</sub> d'origine anthropique. Ce qui correspond à une perte moyenne d'espérance de vie de 8,2 mois en France.*

Au niveau régional, les émissions de particules en suspension suivies sont les suivantes :

- PM<sub>TOT</sub> (particules en suspension dans l'air) ;
- PM<sub>10</sub> (particules de diamètre inférieur à 10 µm) ;
- PM<sub>2,5</sub> (particules de diamètre inférieur à 2,5 µm) ;
- PM<sub>1,0</sub> (particules de diamètre inférieur à 1 µm).

Le secteur agriculture /sylviculture / aquaculture est celui qui émet le plus de particules en suspension (PM<sub>TOT</sub>), mais également celles inférieures à 10 µm (PM<sub>10</sub>). A contrario, les émissions de particules en suspension plus fines (PM<sub>2,5</sub> et PM<sub>1,0</sub>), proviennent principalement du secteur résidentiel.

#### IV.3.3.1 Les particules en suspension PM<sub>10</sub>

Les particules en suspension PM<sub>10</sub> présentent un profil saisonnier en région Centre. En effet, elles se caractérisent par des niveaux relativement élevés en période hivernale et des

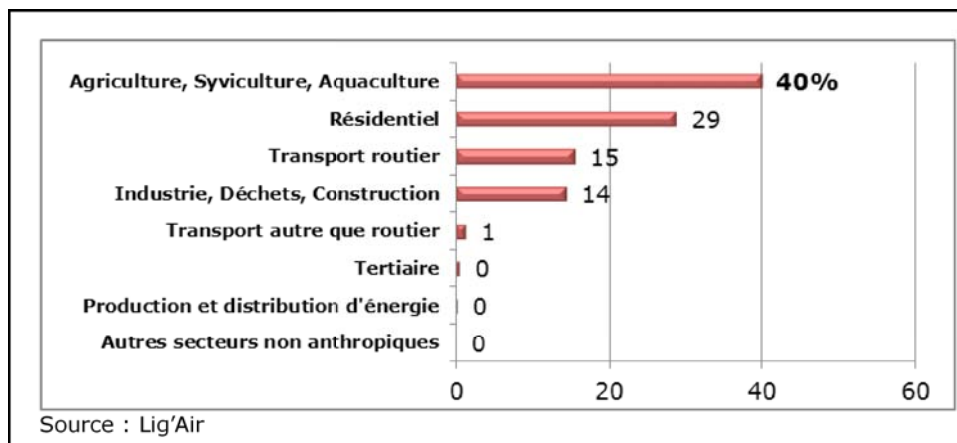


concentrations assez faibles en période estivale. Cette caractéristique est propre aux polluants primaires.

### **Les sources d'émission des PM<sub>10</sub>**

Le secteur agriculture / sylviculture / aquaculture, avec 39,8% des émissions (8 740 tonnes en 2008), est majoritaire concernant les émissions de PM<sub>10</sub>, suivi du secteur résidentiel avec 28,7% des émissions régionales.

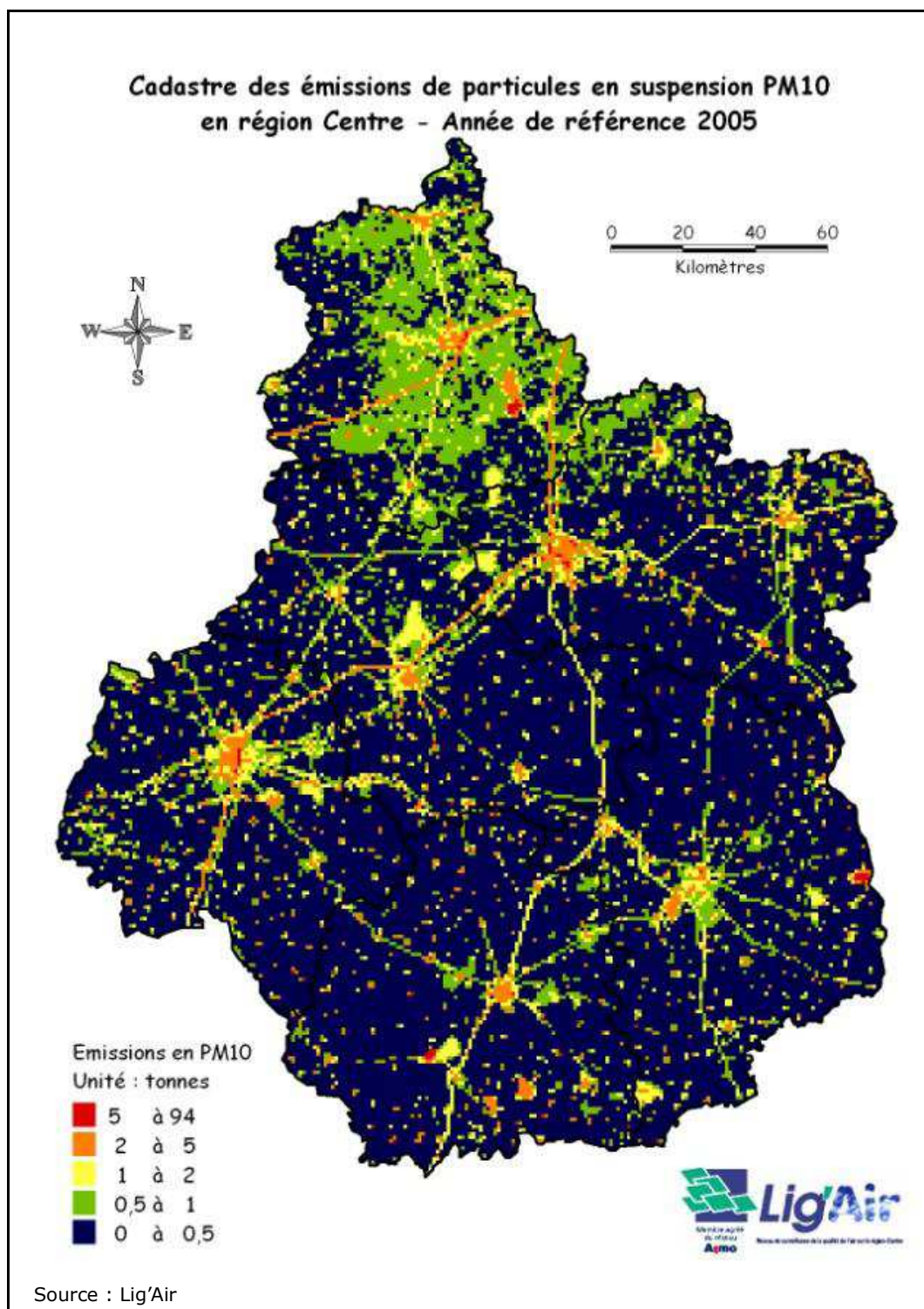
#### □ **Sources d'émissions des PM<sub>10</sub>**



En 2005 selon Lig'Air, plus des deux tiers des émissions de particules en suspension inférieures à 10µm dans le secteur agricole provenaient du labourage des terrains agricoles. La part due à l'abrasion et à la combustion des moteurs des engins agricoles représentait 30%.

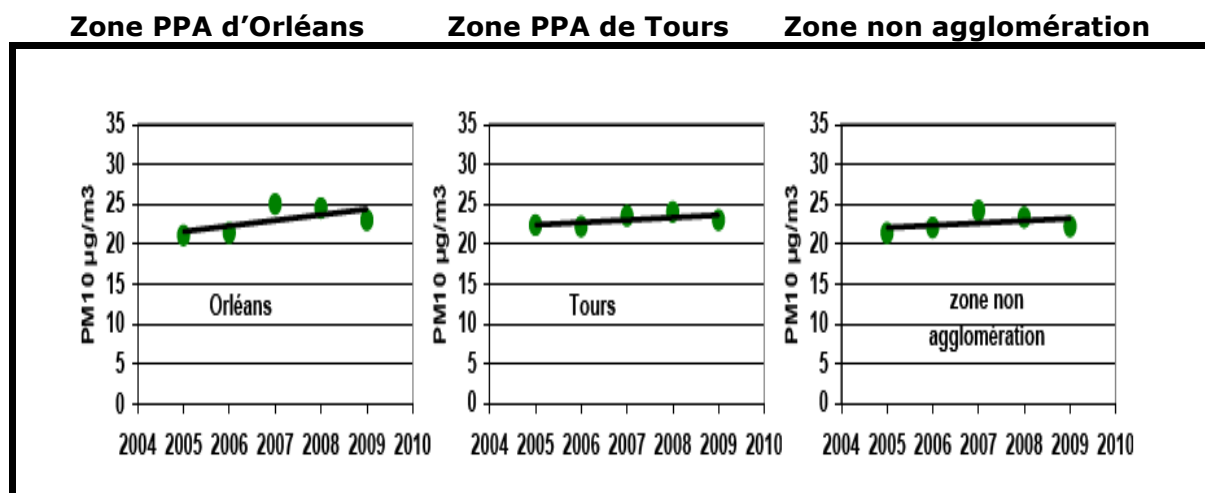
La carte suivante représente le cadastre des émissions à l'échelle du km<sup>2</sup> des particules en suspension inférieures à 10 µm. Ces émissions sont localisées essentiellement au niveau des grandes agglomérations ainsi que sur les terres agricoles, les carrières, autour de certaines grandes industries et des axes routiers.

□ Carte des particules à suspension PM<sub>10</sub>



## Les résultats des mesures de la surveillance réglementaire des PM<sub>10</sub>

### □ Les variations annuelles en PM<sub>10</sub> sur les trois zones de surveillance



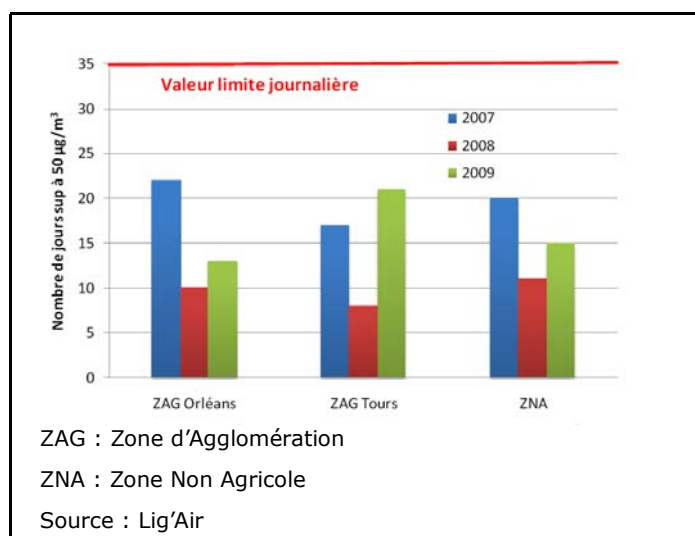
Source : Lig'Air

D'une manière générale et quelle que soit la zone de surveillance, une augmentation des concentrations annuelles est relevée entre l'année 2005 et l'année 2009, sans toutefois dépasser la valeur limite annuelle fixée à 40 µg/m<sup>3</sup>. Il est à noter qu'une modification de la méthode de mesure est intervenue en 2007 pour les PM<sub>10</sub>, avec la prise en compte de la fraction volatile, entraînant une augmentation générale des niveaux mesurés à cette période.

En région Centre, les concentrations annuelles en PM<sub>10</sub> sont globalement homogènes et respectent la valeur limite annuelle de 40 µg/m<sup>3</sup>. Au plan national, les valeurs limites, entrées en vigueur en 2005, ne sont pas respectées dans 16 zones administratives de surveillance.

La valeur limite journalière fixée à 50 µg/m<sup>3</sup> à ne pas dépasser plus de 35 jours par an a, elle aussi, été respectée ces 3 dernières années sur l'ensemble des zones surveillées.

### □ Nombre de jours de dépassements de la valeur limite journalière



Depuis 2007, des dépassements du seuil d'information et de recommandation sont observés chaque année.

Récapitulatif (PM <sub>10</sub> )	
Pollution moyenne 😊	Pollution de pointe 😞

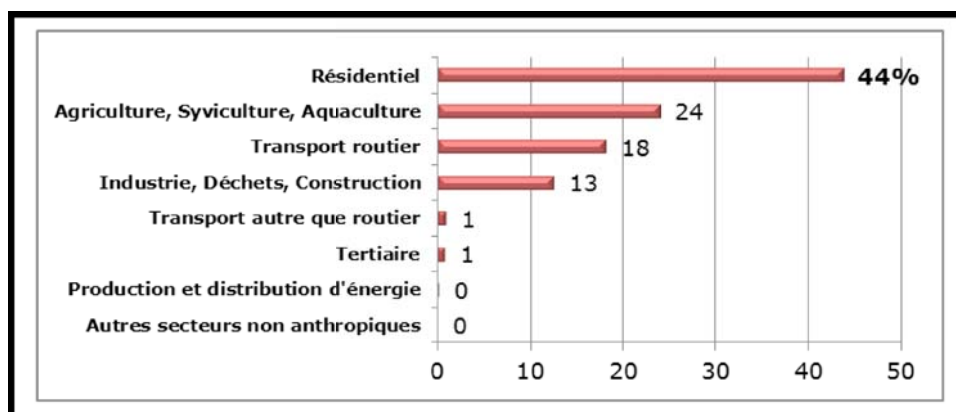
### IV.3.3.2 Les particules en suspension PM<sub>2,5</sub>

Depuis la directive du 21 mai 2008 sur la qualité de l'air définissant une valeur limite de 25 µg/m<sup>3</sup> à respecter en 2015, les concentrations de PM<sub>2,5</sub> sont encadrées réglementairement.

Le Grenelle de l'environnement a fixé les objectifs de réduction des concentrations de PM<sub>2,5</sub> d'ici 2015 à 30% sur l'ensemble du territoire, y compris en proximité trafic.

Le secteur résidentiel est à l'origine de 43,8% des émissions de particules en suspension inférieures à 2,5 µm en région Centre (6.149 tonnes en 2008), suivi du secteur agricole avec 24% des émissions régionales.

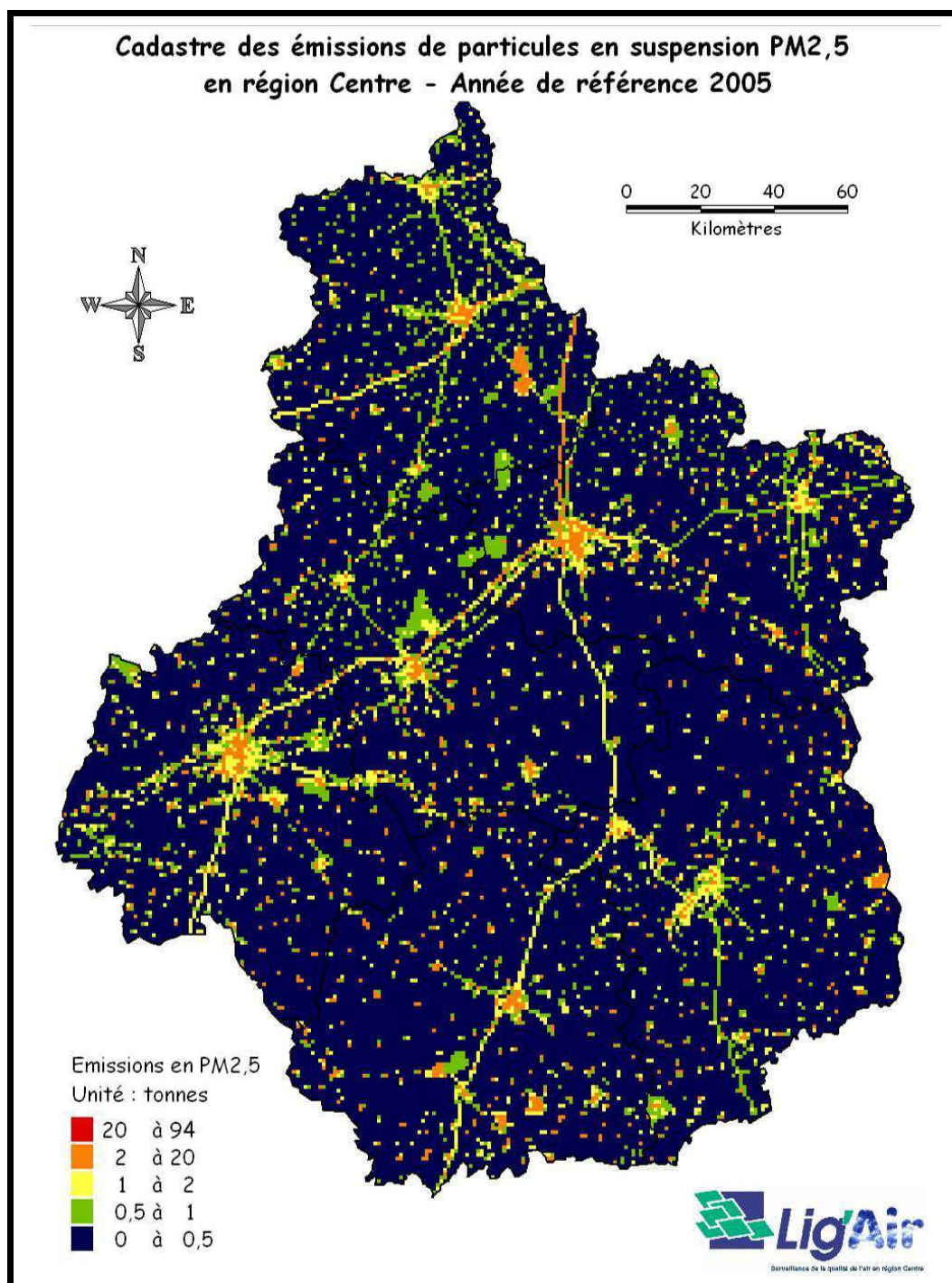
#### □ Sources d'émissions des PM<sub>2,5</sub>



Source : Lig'Air

En 2005, selon Lig'Air, 95,5% des émissions de PM<sub>2,5</sub> du secteur résidentiel émanent du chauffage au bois.

□ Carte des particules en suspension PM2,5

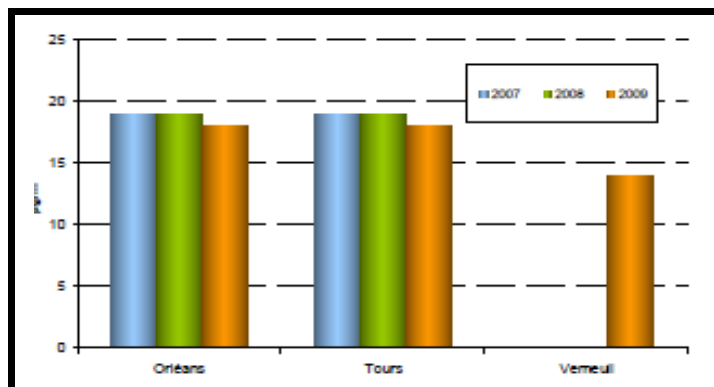


Source : Lig'Air

## Les résultats des mesures de la surveillance réglementaire des PM<sub>2,5</sub>

Depuis la mise en place de l'évaluation en 2007, on relève des concentrations annuelles homogènes inférieures à 25 µg/m<sup>3</sup>. Cette concentration correspond à la valeur cible pour 2010 et à la valeur limite applicable en 2015.

### □ Moyennes annuelles en PM<sub>2,5</sub>



Source : Lig'Air

Récapitulatif PM <sub>2,5</sub>	
Pollution moyenne 😊	Pollution de pointe (sans objet: absence de disposition réglementaire à ce sujet)

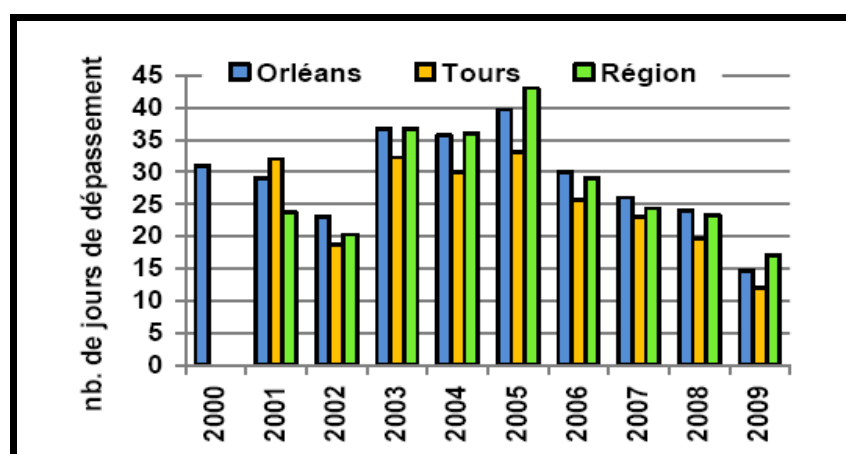
### IV.3.4 L'ozone (O<sub>3</sub>)

L'ozone est un polluant secondaire, produit dans la basse atmosphère sous l'effet du rayonnement solaire lors de réactions chimiques complexes entre certains polluants dits primaires : les oxydes d'azote et les composés organiques volatils (COV). On parle de pollution photochimique. Les variations de concentrations constatées d'une année à l'autre sont dues essentiellement aux variations climatiques et à l'ensoleillement.

L'ozone a une durée de vie de quelques jours dans les basses couches de l'atmosphère, de sorte qu'il peut être transporté loin de sa zone de production, tout comme ses précurseurs : cette pollution s'observe en général de manière plus intense en été dans les régions périurbaines et rurales sous le vent des agglomérations.

L'ozone est un gaz agressif qui pénètre profondément dans l'appareil pulmonaire et peut réagir sur les composants cellulaires et affecter les capacités respiratoires. Ces effets sont accentués par la présence d'autres polluants tels les oxydes de soufre et d'azote ou lors d'efforts physiques et d'expositions prolongées.

- **Évolution du nombre maximal de jours de dépassement de la valeur cible ( $120\mu\text{g}/\text{m}^3$  sur 8 heures) suivant les zones de surveillance**



Source : Lig'Air

Quelle que soit la zone de surveillance, les valeurs les plus faibles ont été enregistrées durant l'année 2009, et les plus élevées durant les années 2003, 2004 et 2005.

Depuis 2005, une diminution du nombre de jours dépassant la valeur cible (directive 2008/50/CE) de  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sur 8 heures est observée. En pollution de pointe, quelques jours de dépassement du seuil d'information ( $180 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$ ) ont été enregistrés en 2010 et 2011, témoignant de l'existence récurrente d'enjeux à ce sujet.

Sur ce polluant, il convient de rappeler l'influence sur la région Centre qu'induit la région parisienne.

L'ozone constituant comme indiqué précédemment, un polluant secondaire à grande échelle, les actions sont globales et la diminution constatée sur les nombres de jours de dépassement peut être mise en parallèle avec les efforts engagés sur la réduction des émissions de précurseurs (COV dans les secteurs industriel et artisanal).

<b>Récapitulatif (O<sub>3</sub>)</b>	
Pollution moyenne 😊	Pollution de pointe 😞

#### **IV.3.5 Le monoxyde de carbone (CO)**

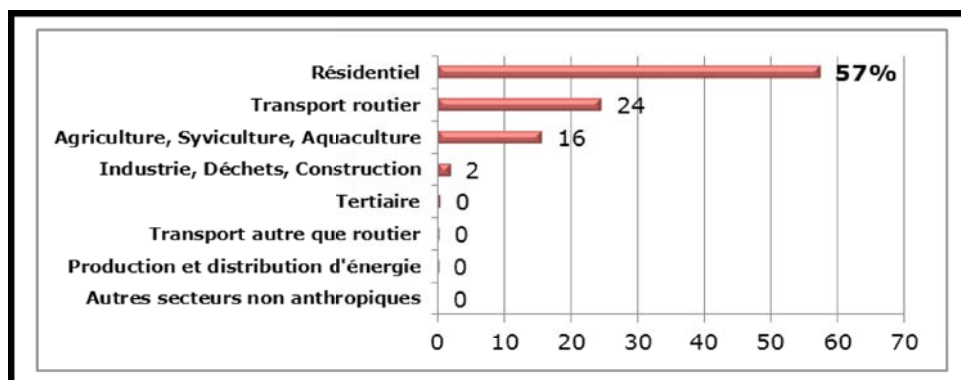
Il provient de la combustion incomplète des combustibles et des carburants (véhicules automobiles, chaudières,...).

Il se combine avec l'hémoglobine du sang et empêche l'oxygénation de l'organisme. Souvent à l'origine d'intoxication à dose importante, il peut être mortel en cas d'exposition prolongée à des concentrations très élevées.

### IV.3.5.1 Les sources d'émissions de CO

Le secteur résidentiel est le principal émetteur de monoxyde de carbone avec 57,4% des émissions en région. En 2005, le chauffage au bois était à l'origine de 98% des émissions de monoxyde de carbone du secteur résidentiel, alors qu'il ne représentait que 20% de la consommation régionale.

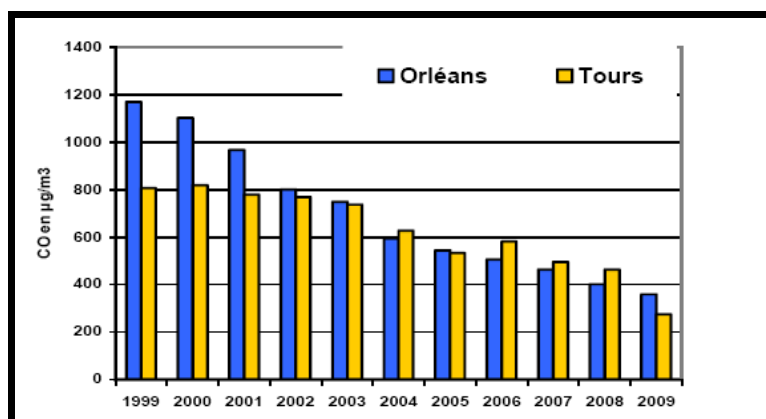
#### □ Sources d'émissions de CO



Source : Lig'Air

### IV.3.5.1 Les résultats des mesures de la surveillance réglementaire du CO

#### □ Évolution annuelle des niveaux de CO sur les sites trafic



Source : Lig'Air

En 2010 on compte 293 µg/m<sup>3</sup> pour la zone d'Orléans et 195 µg/m<sup>3</sup> pour la zone de Tours.

Récapitulatif (CO)	
Pollution moyenne 😊	Pollution de pointe (sans objet : absence de disposition réglementaire à ce sujet)



Le monoxyde de carbone est surveillé par les deux stations trafic des zones agglomérations Orléans et Tours.

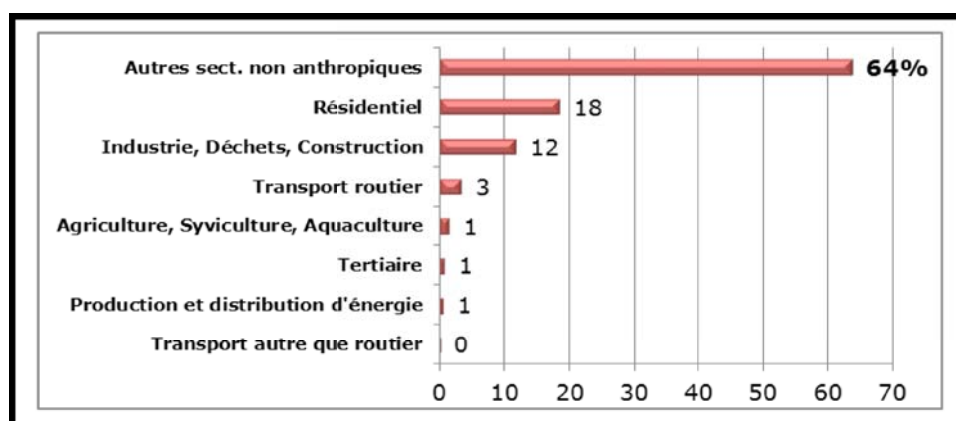
Les niveaux de ce polluant sont en baisse continue depuis la mise en place de la surveillance de ce polluant. En moyenne, les niveaux de CO ont baissé d'environ 67% depuis l'année 2000. Enfin, aucun dépassement de la valeur limite (10.000 µg/m<sup>3</sup>/8h) n'a été observé ces dernières années.

#### IV.3.6 Les composés organiques volatils non méthaniques (COVNM)

Ils englobent un grand nombre de composés organiques gazeux présents dans l'atmosphère, notamment les hydrocarbures.

Ils peuvent provoquer des irritations des voies respiratoires, des troubles neuropsychiques, des gênes olfactives et augmentent le risque de cancers.

##### □ Sources d'émissions de COVNM



Source : Lig'Air

Les composés organiques volatils non méthaniques sont d'origine soit biogénique (émis en forêt) soit anthropique (origine humaine).

Sur une quantité totale d'émissions de 118.909 tonnes, les émissions biogéniques représentent 75.754 tonnes (soit 63,7%) et les émissions anthropiques représentent 43.155 tonnes (soit 36,3 %). Ces dernières ont pour principale origine les secteurs résidentiel et industriel.

Leurs émissions industrielles proviennent de l'évaporation de produits raffinés (bac de stockage pétrolier, pompe à essence...) et, pour une part importante, d'évaporation au cours de la fabrication et de la mise en œuvre de produits contenant des solvants (pressing, parfumerie, imprimerie...).

Une grande partie des émissions de ces composants organiques est localisée dans la zone rurale régionale et est essentiellement située sur des zones forestières (Sologne, Forêt d'Orléans,...).

La surveillance des COV dans l'air ambiant n'est pas prévue par la réglementation.

### IV.3.7 Le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>)

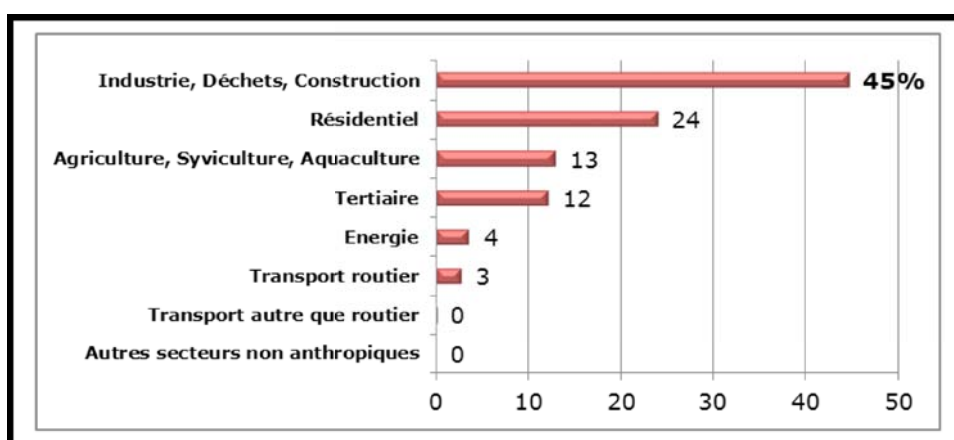
Il provient essentiellement de l'utilisation de combustibles fossiles (charbon, fuel...). Lors de la combustion, ces composés libèrent le soufre qu'ils contiennent et celui-ci se combine alors avec l'oxygène de l'air pour former le dioxyde de soufre.

C'est un gaz très irritant pour l'appareil respiratoire car il provoque des affections telles que les toux, les gênes respiratoires et les maladies ORL.

#### IV.3.7.1 Les sources d'émissions de SO<sub>2</sub>

Le secteur industrie manufacturière / traitement de déchets / construction est prédominant pour les émissions de dioxyde de soufre avec 44,7% des émissions régionales, soit 3.418 tonnes. Il est suivi par le secteur résidentiel avec 1 838 tonnes d'émissions.

##### □ Sources d'émissions de SO<sub>2</sub>

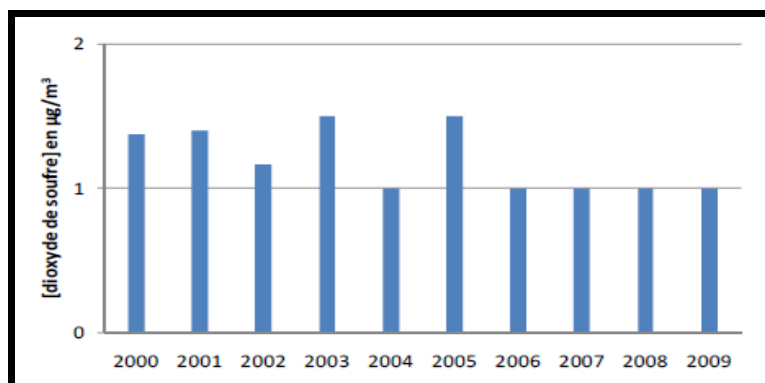


Source : Lig'Air

Un zoom sur le secteur émetteur de SO<sub>2</sub> (industrie manufacturière / traitement de déchets / construction) montre que les principaux émetteurs de SO<sub>2</sub> sont les chaufferies industrielles avec 64% des émissions de la région.

#### IV.3.7.2 Les résultats des mesures de la surveillance réglementaire du SO<sub>2</sub>

##### □ Surveillance réglementaire du SO<sub>2</sub>



Source : Lig'Air

Des concentrations moyennes très basses, proches de la limite de détection des appareils ont été enregistrées entre 2009 et 2010.

Aucun dépassement des valeurs limites (horaire 350 µg/m<sup>3</sup> et journalière 125 µg/m<sup>3</sup>) et des seuils d'alerte n'a été enregistré.

Les très faibles concentrations en SO<sub>2</sub> constatées sur les trois sites de mesure de la région jusqu'à fin 2010 traduisent l'absence de risque de dépassement des seuils réglementaires de ce polluant sur la région. Conformément à l'arrêté ministériel du 22 juillet 2004 relatif aux indices de la qualité de l'air, un arrêt de la surveillance en continu de ce polluant est mis en place depuis début 2011. S'y substitue depuis cette date une procédure d'évaluation comprenant des campagnes de mesure par station mobile avec l'objectif d'évaluer les concentrations dans les zones sous influence industrielle.

Récapitulatif (SO <sub>2</sub> )	
Pollution moyenne 😊	Pollution de pointe 😊

### IV.3.8 Les métaux lourds

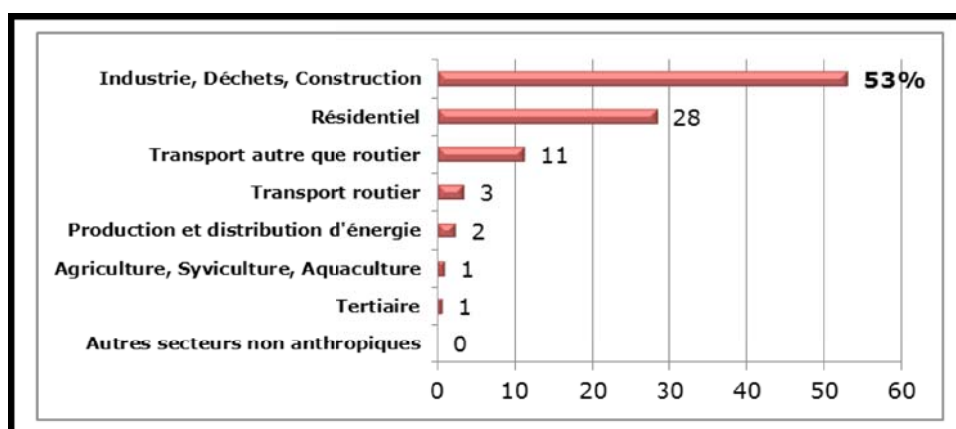
C'est l'ensemble des métaux présentant des caractères toxiques pour la santé et l'environnement. Ils font référence aux métaux de densité supérieure à 4. Ils proviennent essentiellement de la combustion de charbon, de pétrole ou des déchets ménagers, ainsi que certains procédés industriels. On retrouve parmi ces métaux le plomb (Pb), l'arsenic (As), le nickel (Ni) et le cadmium (Cd).

Ces métaux sont très néfastes pour la santé. Ils peuvent s'attaquer au système nerveux central (Pb), être à l'origine de certains cancers (As), entraîner des manifestations respiratoires et cutanées (Ni) mais aussi des troubles digestifs, sanguins, rénaux et osseux (Cd).

#### IV.3.8.1 Les sources d'émissions des métaux lourds

Sur un total de 5.392 tonnes d'émissions, le secteur industrie manufacturière/traitement des déchets/ construction est le principal émetteur avec à lui seul 3.005 tonnes, soit 53,1 % des émissions régionales.

#### □ Sources d'émissions de métaux lourds



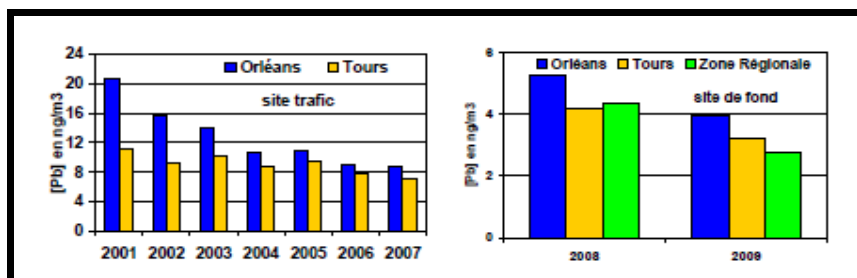
Source : Lig'Air

### IV.3.8.2 Les résultats des mesures de la surveillance réglementaire des métaux lourds

Les métaux lourds sont surveillés depuis 2001 sur les deux sites trafic des zones agglomérations Orléans et Tours et depuis 2008 en sites de fond sur les trois zones de surveillance (Orléans – Tours – Zone non agglomération).

Depuis la mise en place de la surveillance, une baisse des concentrations de ces polluants est observée d'une année à l'autre, avec une tendance plus marquée pour le plomb. Cette baisse est aussi bien visible sur les sites trafic que sur les sites de fond.

#### □ Surveillance des métaux



	Cadmium en ng/m³		Arsenic en ng/m³		Nickel en ng/m³	
	2008	2009	2008	2009	2008	2009
Orléans	0,19	0,15	0,35	0,28	1,51	1,15
Tours	0,19	0,16	0,33	0,28	1,72	1,12
Blois	0,17	0,15	0,32	0,28	1,54	1,36
Valeurs cibles	5		6		20	

Source : Lig'Air

Récapitulatif (Pb, Cd, As, Ni)	
Pollution moyenne 😊	Pollution de pointe (sans objet: absence de disposition réglementaire à ce sujet)

### IV.3.9 Le benzo(a)pyrène (B(a)P)

Le benzo(a)pyrène (B(a)P) constitue l'élément suivi régionalement pour la famille des HAP (Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques). Ce polluant est émis dans l'atmosphère par évacuation de produits raffinés (bacs de stockage pétrolier, pompes à essence...) et de solvants (industrie de parfum et imprimerie) et lors de la combustion de certains composés.

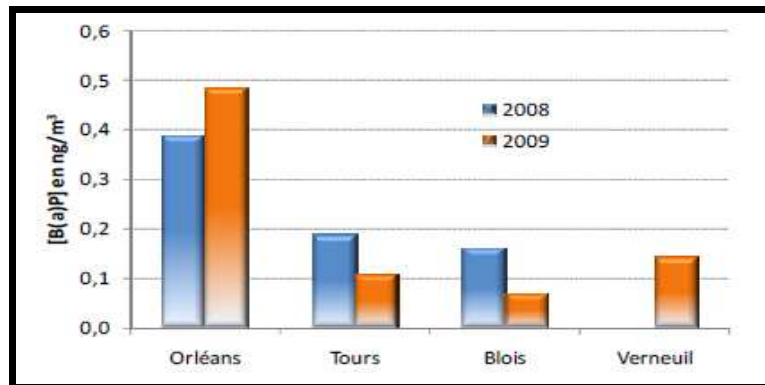
Il a les mêmes effets sur la santé que les composés organiques volatils non méthaniques (irritations des voies respiratoires, troubles neuropsychiques, gêne olfactive et risques de cancers).

#### IV.3.9.1 Les sources d'émissions des B(a)P

Le secteur résidentiel est le principal émetteur de benzo(a) pyrène, avec 226 tonnes d'émissions (soit 84%) sur un total régional d'émissions de 269 tonnes, en raison de la combustion de biomasse dans ce secteur (chauffage au bois).

#### IV.3.9.2 Les résultats des mesures de la surveillance réglementaire du B(a)P

##### □ Moyenne annuelle du benzo(a)pyrène (B(a)P)



Source : Lig'Air

Les HAP présentent une grande variabilité des concentrations (très fortes valeurs en hiver et très basses valeurs le reste de l'année). Leur comportement est à rapprocher des pratiques de chauffages domestiques (combustion de la biomasse).

Bien qu'une concentration annuelle en (B(a)P) inférieure à la valeur limite ( $1 \text{ ng/m}^3$ ) soit enregistrée, le seuil d'évaluation inférieur ( $0,4 \text{ ng/m}^3$ ) est dépassé à Orléans.

Récapitulatif (HAP)	
Pollution moyenne 😊	Pollution de pointe (sans objet: absence de disposition réglementaire à ce sujet)

#### IV.3.10 Le benzène (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)

Le benzène est un hydrocarbure aromatique monocyclique très utilisé dans l'industrie chimique qui présente des risques cancérigènes.

##### IV.3.10.1 Les sources d'émissions de C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>

Le secteur résidentiel est le principal émetteur de benzène avec 73% des émissions régionales. Ces émissions sont principalement issues de la combustion de la biomasse.

#### IV.3.10.2 Les résultats des mesures de la surveillance réglementaire du C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>

Une tendance à la réduction est enregistrée entre 2006 et 2009 à Orléans. Il n'en est pas de même pour Tours qui présente plutôt une stabilité des concentrations relevées. A noter qu'aucun dépassement des valeurs limites n'a été enregistré entre 2005 et 2010 et que l'objectif de qualité a été dépassé en 2006 à Orléans.

Pour ce qui concerne les six sites trafic suivis en continu depuis 2006, des dépassements d'objectifs de qualité sont enregistrés depuis 2006.

#### □ Sites trafic suivis en continu depuis 2006



Source : Lig'Air

Récapitulatif (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )	
Pollution moyenne 😊	Pollution de pointe (sans objet: absence de disposition réglementaire à ce sujet)

### IV.4 Les conséquences de la pollution de l'air autres que sanitaires

#### IV.4.1 Les impacts sur les écosystèmes et la biodiversité

Bien que moins présents que lors des années 1970 marquées par la problématique des pluies acides, les impacts de la pollution atmosphérique sur des éléments sensibles de l'environnement tels que les écosystèmes, les végétaux, mais également les matériaux, restent préoccupants. Ils peuvent conduire dans certaines zones à des dépassements des charges critiques admissibles (niveaux de pollution atmosphérique en mesure d'être supportés sans subir de dommages irréversibles par les écosystèmes aquatiques ou forestiers).

Les dépôts de polluants sur les écosystèmes peuvent en outre conduire à une contamination de la chaîne alimentaire. Paradoxalement et en dépit de travaux menés sur les « charges critiques », on ne connaît pas bien le préjudice historique causé aux écosystèmes par les

dépôts acides (la zone dans laquelle ils seraient toujours néfastes laisse penser que le problème est résolu à l'échelle nationale, mais on sait que la réversibilité des effets est très lente ; jusqu'à plusieurs dizaines d'années). Dans l'attente d'une récupération spontanée, ces écosystèmes sont sensibles à d'autres contraintes de l'environnement (extrêmes climatiques notamment) et les atteintes à la biodiversité peuvent être en partie irréversibles.

Concernant l'ozone, de nombreuses études mettent en évidence un impact sur la végétation et sur la forêt (conifères ou feuillus). L'un des impacts avérés concerne le rendement des cultures qui, pour le blé en Europe, peut aboutir à une perte supérieure à 10%.

Concernant l'impact sur la biodiversité des écosystèmes naturels, la pollution atmosphérique, notamment sous forme de dépôts azotés, peut favoriser certaines espèces végétales au détriment d'autres.

Globalement le SO<sub>2</sub>, les NO<sub>x</sub>, les pesticides (par transferts latéraux) et les dioxines peuvent, selon le cas, avoir des incidences sur la composition floristique, sur la chaîne trophique des cours d'eau, sur la densité de lichens, sur la microfaune et l'avifaune.

Au sens large de la problématique atmosphérique, le changement climatique est recensé comme la 5<sup>ème</sup> cause d'érosion de la biodiversité (rapport Richert de février 2007), du fait d'une évolution trop rapide pour s'adapter. Le réchauffement climatique occasionne des changements de limites biogéographiques, de saisonnalité des cycles (désynchronisation d'espèces interdépendantes), de régime hydrique, pluviométrique et glaciaire jouant sur les cycles de vie et la répartition des espèces, et de productivités primaires et secondaires de milieux terrestres (et marins).

Peu d'études se sont intéressées aux interactions au niveau des écosystèmes terrestres et aquatiques prenant en compte à la fois la pollution atmosphérique, les gaz à effet de serre et les changements climatiques. Les types d'effets sont complexes et peuvent être additifs, synergiques ou antagonistes à l'échelle d'une population d'êtres vivants. Par exemple, l'apport en azote a des effets délétères sur la biodiversité mais favorise la croissance des forêts et donc la séquestration du carbone. L'élévation du CO<sub>2</sub> et de la température atténue les effets de l'ozone sur certaines espèces végétales.

#### **IV.4.2 Les impacts sur le patrimoine bâti**

La pollution atmosphérique dégrade les matériaux et bâtiments, avec des impacts particulièrement prononcés liés à l'encrassement par les particules et à la corrosion par des polluants acides issus des oxydes de soufre et d'azote.

Les effets peuvent globalement être classés en deux grandes catégories : d'une part l'encrassement, la décoloration et/ou l'aspect terni, aux conséquences essentiellement esthétiques ; d'autre part la perte de matière. Les effets sont variables suivant les polluants considérés :

- Les dépôts secs de dioxyde de soufre sont plus corrosifs que les dépôts humides, que l'on retrouve dans les pluies acides.
- Les oxydes d'azote peuvent également jouer un rôle à travers les dépôts acides et en synergie avec le dioxyde de soufre mais ce rôle est moins clairement établi.
- Les particules ont un rôle dans l'encrassement des bâtiments mais elles sont également responsables de pertes de matières de ces bâtiments. En effet, les particules forment des cristaux de gypse en présence d'acide sulfurique (on retrouve une synergie avec un composé lié aux émissions de dioxyde de soufre), lequel gypse peut être dissous par l'eau de pluie et pénétrer dans certains matériaux. Avec la baisse d'humidité, le gypse

se cristallise, augmente en volume et exerce une pression sur la paroi, se traduisant par des éclatements de la pierre.

- L'ozone, puissant oxydant, attaque les polymères et va donc dégrader certains matériaux comme les peintures, les plastiques et les caoutchoucs.

Ces effets sont généralement accentués ou atténués par les conditions climatiques, la pluie pouvant par exemple avoir une action « nettoyante » ou au contraire déposer des composés corrosifs ou des particules sur le bâti. Des études ont été engagées afin de pouvoir simuler l'impact des pollutions sur les bâtiments, avec pour objectifs d'une part d'anticiper les effets de la pollution atmosphérique sur un bâtiment et d'autre part de choisir les matériaux à mettre en œuvre. Ces études s'intéressent également à l'orientation des bâtiments. Ces modèles s'appuient sur les données de concentrations mesurées ou évaluées pour plusieurs indicateurs de pollution de l'air. Des études évaluent les coûts des impacts de la pollution de l'air sur le patrimoine bâti dans une fourchette comprise entre 1 et 4% du montant des coûts inhérents aux impacts sanitaires.

#### **IV.4.3 Les impacts sur le climat et synergies**

Outre leurs impacts sur la santé, les écosystèmes et le patrimoine bâti, certains polluants de l'air ont des répercussions climatiques. Les émissions rapportées par les parties prenantes au Protocole de Kyoto intègrent d'ailleurs les gaz à effet de serre indirect (oxydes d'azote, composés organiques volatils, etc.), qui sont des indicateurs classiques de pollution ayant un effet sur le réchauffement climatique après transformation via des réactions physico-chimiques. Ainsi, le dioxyde de soufre, les oxydes d'azote, les composés organiques volatils et le monoxyde de carbone sont pris en compte dans les composés impactant le climat, les trois derniers nommés étant largement responsables des niveaux d'ozone troposphérique (ozone situé dans les basses couches de l'atmosphère) qui est lui un gaz à effet de serre direct. Selon le GIEC (groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat), l'ozone a été en effet le 4<sup>ème</sup> des gaz à effet de serre par ordre d'importance à avoir contribué au réchauffement global de l'atmosphère depuis le début de l'ère industrielle (1750). La contribution de l'ozone a été proche de celle des hydrocarbures halogénés mais il est difficile de lui attribuer un potentiel de réchauffement global (PRG) par référence au CO<sub>2</sub>, compte tenu notamment que l'ozone est inégalement réparti sur la planète, contrairement au CO<sub>2</sub>.

Les particules fines agissent également sur le bilan radiatif de la planète selon des processus complexes pouvant conduire à un renforcement du forçage radiatif (cas des particules de carbone issues des combustions) ou à une baisse de ce forçage (cas des sulfates). Ceci atteste des relations et des interactions entre les problèmes de qualité de l'air et le changement climatique.

Il sera sans doute difficile de satisfaire le facteur 4 à l'horizon 2050 par les seules actions visant les émissions ou la séquestration du CO<sub>2</sub>. Par conséquent, les actions en faveur de la diminution de l'ozone (par la réduction des émissions de NO<sub>x</sub>, CO, et COV) ne doivent pas être négligées et peuvent constituer un levier incitatif supplémentaire permettant de cumuler gains sanitaires (amélioration de la qualité de l'air) et climatiques (lutte contre la hausse de l'effet de serre).

#### **IV.4.4 Les éléments du PRQA**

Le Plan Régional pour la qualité de l'air (PRQA) adopté en février 2010, a dressé les effets des polluants de l'air sur l'environnement, sur le patrimoine bâti et sur les milieux naturels et agricoles.

Effets sur l'environnement :

- Phénomènes des pluies acides (NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>) ;



- Formation d'ozone (NO<sub>2</sub>, CO, COV, GES) ;
- Effet de serre ;
- Événements météorologiques extrêmes, modification des écosystèmes, migration d'espèces... ;
- Perturbation de l'écosystème forestier (cadmium).

Effets sur le patrimoine bâti :

- Sulfatation des matériaux de façades;
- Noircissement des façades des bâtiments;
- Altération des vitraux.

Effets sur les milieux naturels et agricoles :

Il n'y a à ce jour, aucune étude réalisée en région Centre sur ces effets en milieux naturels et agricoles. Par contre, sur d'autres régions, le Réseau National de suivi à long terme des ÉCOsystèmes FOREstiers (RENECOFOR) a évalué l'effet de l'ozone sur la végétation. Cette évaluation a conduit aux conclusions suivantes :

- Effet sur la croissance des végétaux, sur l'affaiblissement des plantes et leur vulnérabilité aux attaques de parasites et aux aléas climatiques,
- Effet sur la culture notamment sur le rendement,
- Effet sur les milieux naturels avec l'acidification de l'eau et des sols, conduisant à l'appauvrissement des milieux naturels.

#### **IV.5 Les zones sensibles**

Les zones sensibles sont définies par l'article R 222-2-I du Code de l'environnement. Elles sont constituées par des zones au sein desquelles les orientations du SRCAE relatives à la qualité de l'air doivent être renforcées en raison de l'existence simultanée de risques de dépassements des valeurs limites de qualité de l'air et de circonstances particulières locales liées :

- A la densité de la population;
- Aux milieux naturels;
- Aux caractéristiques topographiques;
- Le cas échéant aux enjeux de préservation du patrimoine, de développement du tourisme et de protection des milieux agricoles.

Elles ont été définies conformément aux critères établis par le Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air (LCSQA). La méthodologie de définition des zones sensibles employée par le laboratoire LCSQA a été testée et validée sur la région Centre.

*Le LCSQA est chargé de la coordination technique de la surveillance de la qualité de l'air conformément à l'arrêté ministériel du 29 juillet 2010.*

Les zones sensibles en région Centre ont été construites sur la base de critères de surémissions d'oxydes d'azote par rapport à des émissions moyennes. Cette construction est fondée sur l'inventaire des émissions d'oxydes d'azote calculé par Lig'Air pour l'année de référence 2005.

La sensibilité propre des territoires à la pollution atmosphérique est considérée en limitant la sélection aux mailles habitées et à celles contenant des espaces naturels protégés.

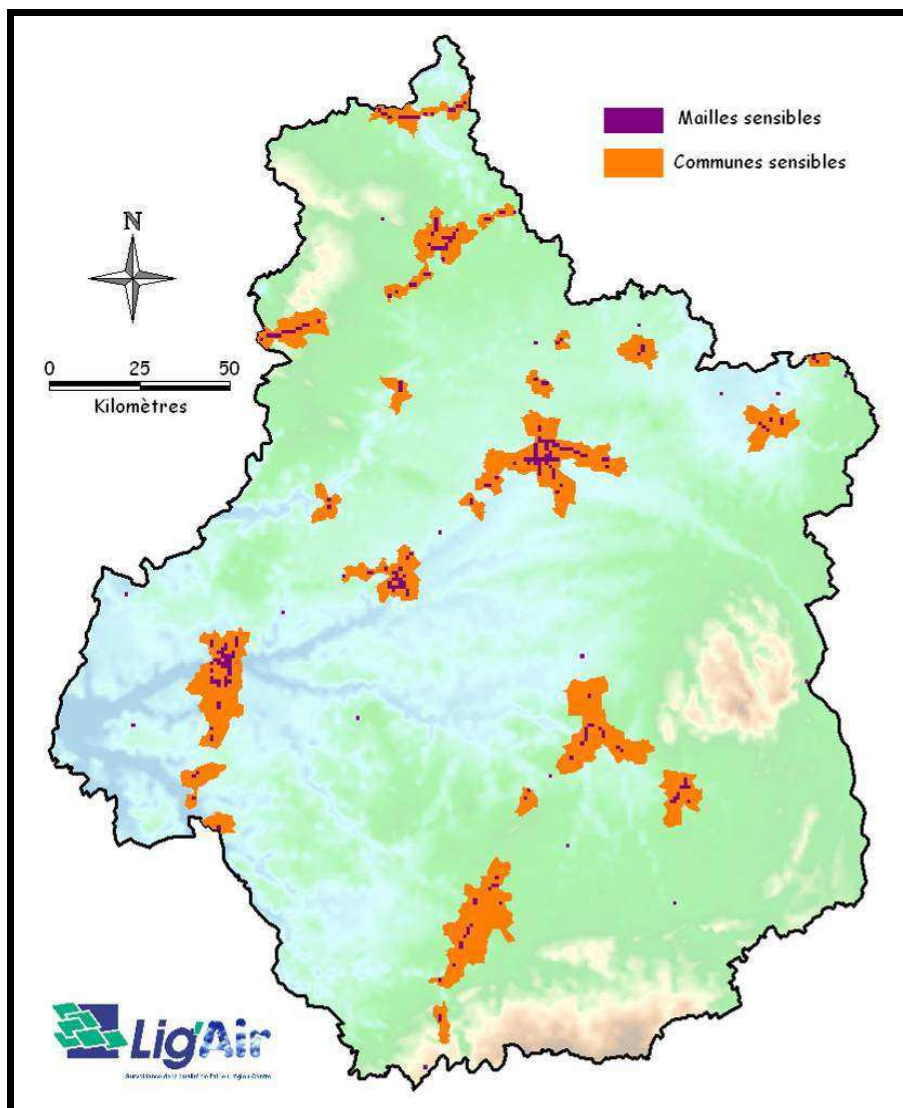
La sensibilité d'une commune est définie au regard de l'un des trois critères suivants :

1. Elle contient ou recoupe au moins deux mailles sensibles;
2. Elle contient ou recoupe deux mailles au maximum dont l'une au moins est sensible;
3. Elle contient ou recoupe une maille sensible et est adjacente à une commune sélectionnée selon la condition 1 ou 2.

141 communes répondent ainsi à l'un de ces critères, soit 2.742 km<sup>2</sup> et une population de 1.125.848 habitants (Source Insee 2006). Ces communes sensibles représentent 6,9% du territoire et regroupent 44,9% de la population en région Centre.

La liste des communes en zones sensibles figure en annexe à la fin de cette partie IV.

#### □ Cartographie des communes « sensibles »



Source : Lig'Air

	Surface sensible		Habitants zones sensibles (2006)	
	(km <sup>2</sup> )	%	Nbre d'hab	%
<b>Cher</b>	342	13	124 480	11
<b>Eure-et-Loir</b>	531	20	174 369	15
<b>Indre</b>	423	16	76 003	7
<b>Indre-et-Loire</b>	439	16	296 828	26
<b>Loir-et-Cher</b>	304	11	94 224	8
<b>Loiret</b>	684	25	359 944	32
<b>Total région</b>	<b>2 723</b>	<b>100</b>	<b>1 125 848</b>	<b>100</b>

Le Loiret concentre un quart des zones sensibles de la région. Il est suivi par l'Eure-et-Loir avec 20%. En termes de nombre d'habitants en zones sensibles, le Loiret est le premier département suivi de l'Indre-et-Loire.

## IV.6 Le bilan de la pollution atmosphérique depuis 2005

### IV.6.1 La qualité de l'air

La qualité de l'air en région Centre est synthétisée dans le tableau ci-après. Elle fait apparaître des marges de progrès pour les polluants suivants :

- Le dioxyde d'azote en proximité trafic,
- L'ozone, tant en ce qui concerne les niveaux de fond que la pollution de pointe,
- Les particules PM<sub>10</sub>, qui présentent un nombre croissant de dépassements des niveaux de pointe admissibles,
- Les particules PM<sub>2,5</sub>, pour lesquelles l'objectif de qualité de 10µg/m<sup>3</sup> est dépassé.

#### □ Bilan synthétique de la qualité de l'air et de son évaluation

Polluant	Situation 2000-2008 par rapport aux normes de qualité de l'air	Evolution	Zones et activités concernées	Appréciation globale
Ozone (O <sub>3</sub> )	Le nombre de jours de dépassement de la valeur cible est en baisse sur cette période, mais demeure fortement lié aux conditions météorologiques. L'objectif de qualité pour la protection de la végétation est dépassé sur toutes les stations. L'impact de l'été caniculaire de 2003 sur la valeur cible est avéré.	Situation variable d'un été sur l'autre selon les conditions d'ensoleillement. Les niveaux de fond ont tendance à légèrement augmenter depuis 2008.	Phénomènes d'échelle régionale, voire interrégionale ou transfrontalière. Sources des précurseurs: - NOx: transport routier, combustion - émissions de COV issues de produits tels que solvants peintures carburants	à améliorer
Dioxyde d'azote (NO <sub>2</sub> )	Les niveaux de fond présentent une relative stabilité avec des concentrations oscillant autour de 20 µg/m <sup>3</sup> en moyenne. Sur les deux stations de proximité des dépassements de valeur limite annuelle sont enregistrés depuis 2009. Des risques de dépassement de cette valeur ont été identifiés sur d'autres sites, non pourvus de capteurs fixes.	Stabilité pour les stations de fond. Maintien de conditions de dépassements des valeurs limites pour les stations trafic.	Proximité des axes à fort trafic. Grandes agglomérations (Tours, Orléans)	à améliorer
Dioxyde de soufre (SO <sub>2</sub> )	Respect de l'ensemble des normes.	Niveaux enregistrés très faibles.	Installations industrielles, grandes installations de combustion utilisant du fuel ou du charbon.	satisfaisant
Particules fines (PM <sub>10</sub> /PM <sub>2,5</sub> )	PM <sub>10</sub> : Respect des valeurs limites annuelles. PM <sub>10</sub> : Augmentation des concentrations annuelles entre 2005 et 2009, mais légère tendance à la baisse entre 2007 et 2009. PM <sub>10</sub> : Nombre croissant de phénomènes de pollution de pointe. Pour les PM <sub>2,5</sub> respect de la valeur cible mais dépassement de l'objectif de qualité.	Changement de méthode de mesure en 2007.	Principales agglomérations. Transport routier, secteurs résidentiel/tertiaire et agricole. Phénomènes pouvant être d'échelle interrégionale voire transfrontalière.	à améliorer
Benzène	Les valeurs limites sont respectées sur l'ensemble des sites de mesure.	Risque de dépassement de l'objectif de qualité. Baisse à Orléans, stabilité à Tours.	Proximité d'axes routiers. Industrie pétrolière et chimique. Combustion incomplète de combustibles organiques.	satisfaisant
Métaux toxiques	Respect des valeurs limites (Pb) ou cibles (As, Ni, Cd).	Tendance à la baisse.	Proximité de sites industriels spécifiques (connaissances encore à acquérir). Industrie: métallurgie, sidérurgie, raffinage, usines d'incinération.	satisfaisant
Monoxyde de carbone (CO)	Respect de l'ensemble des normes.	Tendance à la baisse.	Trafic routier, chauffages d'appoint, foyers ouverts.	satisfaisant

#### **IV.6.2 Les secteurs d'activités**

En termes d'émissions de polluants atmosphériques, chacun des secteurs d'activité présente des spécificités qui lui sont propres :

- Le secteur du transport est le principal pourvoyeur d'oxyde d'azote et de dioxyde de carbone,
- Le secteur résidentiel émet surtout du monoxyde de carbone, des particules en suspensions très fines ( $PM_{2,5}$  et  $PM_1$ ), du benzène et du benzo(a)pyrène,
- Le secteur industriel et des déchets émet principalement des métaux lourds (plomb, cadmium, arsenic, nickel), mais aussi du dioxyde de soufre,
- Le secteur agricole est source d'émissions de protoxyde d'azote ainsi que de particules en suspension total ( $PM_{TOT}$ ) et inférieures à  $10\mu m$  ( $PM_{10}$ ).

**"air ambiant"**: l'air extérieur de la troposphère, à l'exclusion des lieux de travail tels que définis par la directive 89/654/CEE [20], auxquels s'appliquent les dispositions en matière de santé et de sécurité au travail et auxquels le public n'a normalement pas accès;

**"polluant"**: toute substance présente dans l'air ambiant et susceptible d'avoir des effets nocifs sur la santé humaine et/ou sur l'environnement dans son ensemble;

**"niveau"**: la concentration d'un polluant dans l'air ambiant ou son dépôt sur les surfaces en un temps donné;

**"évaluation"**: toute méthode utilisée pour mesurer, calculer, prévoir ou estimer des niveaux;

**"objectif de qualité"**: niveau à atteindre à long terme et à maintenir, sauf lorsque cela n'est pas réalisable par des mesures proportionnées, afin d'assurer une protection efficace de la santé humaine et de l'environnement dans son ensemble;

**"valeur limite"**: un niveau fixé sur la base des connaissances scientifiques, dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine et/ou l'environnement dans son ensemble, à atteindre dans un délai donné et à ne pas dépasser une fois atteint;

**"valeur cible"**: un niveau fixé dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine et/ou l'environnement dans son ensemble, à atteindre dans la mesure du possible sur une période donnée;

**"seuil d'alerte"**: un niveau au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine de l'ensemble de la population et à partir duquel les États membres doivent immédiatement prendre des mesures;

**"seuil d'information"**: un niveau au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine des groupes particulièrement sensibles de la population et pour lequel des informations immédiates et adéquates sont nécessaires;

**"seuil d'évaluation supérieur"**: un niveau en deçà duquel il est permis, pour évaluer la qualité de l'air ambiant, d'utiliser une combinaison de mesures fixes et de techniques de modélisation et/ou de mesures indicatives;

**seuil d'évaluation inférieur"**: un niveau en deçà duquel il est suffisant, pour évaluer la qualité de l'air ambiant, d'utiliser des techniques de modélisation ou d'estimation objective;

**"zone"**: une partie du territoire d'un État membre délimitée par lui aux fins de l'évaluation et de la gestion de la qualité de l'air;

**"agglomération"**: une zone qui constitue une conurbation caractérisée par une population supérieure à 250 000 habitants ou, lorsque la population est inférieure ou égale à 250 000 habitants, par une densité d'habitants au kilomètre carré à établir par les États membres;

**" PM<sub>tot</sub>"**: particules microscopiques solides ou liquides, d'origine humaine ou naturelle, qui restent suspendues dans l'air pendant un certain temps. Ces particules varient fortement en taille, composition et origine, et bon nombre d'entre elles sont nocives. La portion en suspension possède en général un diamètre inférieur à 40 µm ;

**" PM<sub>10</sub>"**: les particules passant dans un orifice d'entrée calibré tel que défini dans la méthode de référence pour l'échantillonnage et la mesure du PM<sub>10</sub>, norme EN 12 341, avec un rendement de séparation de 50 % pour un diamètre aérodynamique de 10 µm;

**"PM<sub>2,5</sub>"**: les particules passant dans un orifice d'entrée calibré tel que défini dans la méthode de référence pour l'échantillonnage et la mesure du PM<sub>2,5</sub>, norme EN 14907, avec un rendement de séparation de 50 % pour un diamètre aérodynamique de 2,5 µm;

**"PM<sub>1,0</sub>"**: particules dont le diamètre est inférieur à 1 µm, appelées « particules très fines »;

**"indicateur d'exposition moyenne"**: un niveau moyen déterminé sur la base des mesures effectuées dans des lieux caractéristiques de la pollution de fond urbaine sur l'ensemble du territoire d'un État membre et qui reflète l'exposition de la population. Il est utilisé afin de calculer l'objectif national de réduction de l'exposition et l'obligation en matière de concentration relative à l'exposition;

**"oxydes d'azote"**: la somme du rapport de mélange en volume (ppbv) de monoxyde d'azote (oxyde nitrique) et de dioxyde d'azote, exprimé en unités de concentration massique de dioxyde d'azote (µg/m<sup>3</sup>);

**"mesures fixes"**: des mesures effectuées à des endroits fixes, soit en continu, soit par échantillonnage aléatoire, afin de déterminer les niveaux conformément aux objectifs de qualité des données applicables;

**"mesures indicatives"**: des mesures qui respectent des objectifs de qualité des données moins stricts que ceux qui sont requis pour les mesures fixes;

**"composés organiques volatils" (COV)**: les composés organiques provenant de sources anthropiques et biogènes, autres que le méthane, capables de produire des oxydants photochimiques par réaction avec des oxydes d'azote sous l'effet du rayonnement solaire;

## Annexe à la partie IV Liste des communes en zones sensibles

Département	Nom commune	Code insee	Superficie (km <sup>2</sup> )	Population (2006)
18	ALLOUIS	18005	38,35	909
18	BOURGES	18033	68,29	72919
18	FOECY	18096	14,64	2112
18	MASSAY	18140	41,97	1443
18	MEREAU	18148	20,52	2203
18	SAINT-DOULCHARD	18205	25,54	9349
18	SAINT-HILAIRE-DE-COURT	18214	11,52	747
18	TROUY	18267	23,7	3921
18	VIERZON	18279	74,71	28797
18	VIGNOUX-SUR-BARANGEON	18281	22,79	2080

*Tableau 1 : Communes sensibles dans le Cher*

Département	Nom commune	Code insee	Superficie (km <sup>2</sup> )	Population (2006)
28	AMILLY	28006	19,31	1971
28	AUTHON-DU-PERCHE	28018	15,74	1299
28	BEAUMONT-LES-AUTELS	28031	22,04	542
28	BETHONVILLIERS	28038	12,04	136
28	BLANDAINVILLE	28041	13,69	263
28	BLEURY	28042	8,03	468
28	BROUE	28062	12,1	904
28	CHAMPAGNE	28069	2,97	232
28	CHAMPHOL	28070	5,54	3490
28	CHAMPSERU	28073	15,26	312
28	LA CHAPELLE-DU-NOYER	28075	14,11	1198
28	CHARBONNIERES	28080	20,18	263
28	CHARTRES	28085	16,96	41588
28	CHATEAUDUN	28088	28,51	14445
28	CHERISY	28098	12,02	1845
28	LE COUDRAY	28110	6,02	3755
28	DREUX	28134	24,39	33435
28	EPEAUTROLLES	28139	9,58	174
28	ERMENONVILLE-LA-GRANDE	28141	11,87	325
28	FONTENAY-SUR-EURE	28158	14,21	830
28	GASVILLE-OISEME	28173	9,17	1204
28	GELLAINVILLE	28177	12,41	482
28	GOUSSAINVILLE	28185	12,09	817
28	LEVES	28209	7,28	4520
28	LOUVILLIERS-EN-DROUAIS	28216	3,62	196
28	LUCE	28218	5,84	16449
28	LUIGNY	28219	16,52	407

Département	Nom commune	Code insee	Superficie (km <sup>2</sup> )	Population (2006)
28	LUISANT	28220	4,48	7115
28	MAINVILLIERS	28229	11,94	10620
28	MIERMAIGNE	28252	10,7	222
28	MIGNIERES	28253	12,81	773
28	MORANCEZ	28269	9,04	1594
28	MOULHARD	28273	10,24	156
28	NOGENT-LE-PHAYE	28278	16,19	1322
28	POISVILLIERS	28301	10,44	342
28	POUPRY	28303	11,73	102
28	SAINT-BOMER	28327	17,16	198
28	SAINT-REMY-SUR-AVRE	28359	13	3720
28	SERVILLE	28375	6,18	358
28	TOURY	28391	17,36	2660
28	VERNOUILLET	28404	12,31	11986
28	VERT-EN-DROUAIS	28405	9,68	1071
28	YMERAY	28425	7,01	580

*Tableau 2 : Communes sensibles dans l'Eure-et-Loir*

Département	Nom commune	Code insee	Superficie (km <sup>2</sup> )	Population (2006)
36	BAZAIGES	36014	19,13	240
36	CELON	36033	15,81	379
36	CHATEAUROUX	36044	25,62	49659
36	COINGS	36057	31,3	881
36	DEOLS	36063	32,46	8964
36	LUANT	36101	29,67	1391
36	LE POINCONNET	36159	45,24	5799
36	SAINT-MARCEL	36200	16,82	1727
36	SAINT-MAUR	36202	70,66	3490
36	TENDU	36219	42,61	551
36	VATAN	36230	30,56	2051
36	VELLES	36231	62,77	871

*Tableau 3 : Communes sensibles dans l'Indre*



Département	Nom commune	Code insee	Superficie (km <sup>2</sup> )	Population (2006)
37	BALLAN-MIRE	37018	29,19	7732
37	CHAMBRAY-LES-TOURS	37050	18,76	10792
37	DESCARTES	37115	36,85	3963
37	JOUE-LES-TOURS	37122	32,55	36863
37	MAILLE	37142	13,5	626
37	LA MEMBROLLE-SUR-CHOISILLE	37151	7,26	3103
37	METTRAY	37152	9,61	1992
37	MONTBAZON	37154	6,47	4039
37	MONTS	37159	28,19	7153
37	NOTRE-DAME-D'OE	37172	7,94	3550
37	NOYANT-DE-TOURAINES	37176	14,89	833
37	PARCAY-MESLAY	37179	13,78	2404
37	LA RICHE	37195	8,64	9771
37	ROCHECORBON	37203	15,59	3275
37	SAINT-AVERTIN	37208	12,98	14378
37	SAINT-CYR-SUR-LOIRE	37214	13,42	16870
37	SAINTE-MAURE-DE-TOURAINES	37226	40,94	4049
37	SAINT-PIERRE-DES-CORPS	37233	11,25	16065
37	SORIGNY	37250	44,41	2168
37	TOURS	37261	33,27	140252
37	VEIGNE	37266	26,9	6016
37	VILLEPERDUE	37278	12,42	934

*Tableau 4 : Communes sensibles dans l'Indre-et-Loire*

Département	Nom commune	Code insee	Superficie (km <sup>2</sup> )	Population (2006)
41	AREINES	41003	5,31	830
41	BLOIS	41018	37,65	50704
41	LA CHAUSSEE-SAINT-VICTOR	41047	7,34	4201
41	FOSSE	41091	10,43	989
41	HERBAULT	41101	13,61	1293
41	MENARS	41134	4,29	639
41	SAINTE-ANNE	41200	4,35	364
41	SAINT-DENIS-SUR-LOIRE	41206	12,13	901
41	SAINT-GERVAIS-LA-FORET	41212	9,27	3556
41	SAINT-LUBIN-EN-VERGONNOIS	41223	17,38	720
41	THEILLAY	41256	93,91	1294
41	VENDOME	41269	24,04	17708
41	VILLEBAROU	41276	9,2	2599
41	VILLERABLE	41287	15,8	507
41	VILLERBON	41288	17,01	776
41	VINEUIL	41295	22,66	7143

*Tableau 5 : Communes sensibles dans le Loir-et-Cher*

Département	Nom commune	Code Insee	Superficie (km <sup>2</sup> )	Population (2006)
45	AMILLY	45004	40,32	12339
45	ARTENAY	45008	21,59	1689
45	LE BARDON	45020	12,7	889
45	BEAUGENCY	45028	16,76	7815
45	LE BIGNON-MIRABEAU	45032	12,09	265
45	BOIGNY-SUR-BIONNE	45034	6,49	2146
45	BONDAROY	45038	7	400
45	CERCOTTES	45062	24,69	1075
45	CHAINGY	45067	21,84	3412
45	CHALETTE-SUR-LOING	45068	13,08	13392
45	LA CHAPELLE-SAINT-MESMIN	45075	9,04	9465
45	CHECY	45089	15,11	8027
45	CHEVRY-SOUS-LE-BIGNON	45094	8,26	227
45	DADONVILLE	45119	18,85	2076
45	DONNERY	45126	22,69	2347
45	FLEURY-LES-AUBRAIS	45147	10,11	21696
45	GIDY	45154	25,06	1530
45	HUISSEAU-SUR-MALVES	45167	37,5	1661
45	INGRE	45169	22,66	8128
45	MARDIE	45194	17,33	2602
45	MEUNG-SUR-LOIRE	45203	20,13	6256
45	MONTARGIS	45208	4,38	16701
45	OLIVET	45232	23,31	21634
45	ORLEANS	45234	27,69	116256
45	PANNES	45247	22,02	3222
45	PITHIVIERS	45252	6,69	9054
45	PITHIVIERS-LE-VIEIL	45253	34,52	1940
45	SAINT-CYR-EN-VAL	45272	46,76	3326
45	SAINT-DENIS-DE-L'HOTEL	45273	23,96	2779
45	SAINT-JEAN-DE-BRAYE	45284	13,63	19187
45	SAINT-JEAN-DE-LA-RUELLE	45285	6,15	16815
45	SAINT-JEAN-LE-BLANC	45286	6,52	8479
45	SAINT-PRYVE-SAINT-MESMIN	45298	10,13	5515
45	SARAN	45302	20,05	15851
45	SEMOY	45308	7,68	2993
45	VILLEMANDEUR	45338	9,35	6609
45	VILLORCEAU	45344	10,79	1047
45	VIMORY	45345	27,16	1099

*Tableau 6 : Communes sensibles dans le Loiret*

## **V. L'évaluation des potentiels d'économies d'énergie et des gains d'émissions de gaz à effet de serre**

- V.1. Les potentiels d'économies d'énergie et les gains d'émissions de GES dans le secteur résidentiel**
- V.2. Les potentiels d'économies d'énergie et les gains d'émissions de GES dans le secteur tertiaire**
- V.3. Les potentiels d'économies d'énergie et les gains d'émissions de GES dans le secteur industriel**
- V.4. Les potentiels d'économies d'énergie et les gains d'émissions de GES dans le secteur des déchets**
- V.5. Les potentiels d'économies d'énergie et les gains d'émissions de GES dans le secteur agricole**
- V.6. Les potentiels d'économies d'énergie et les gains d'émissions de GES dans le secteur du transport**
- V.7. Quelques exemples chiffrés**



## Contenu du rapport du SRCAE

L'article R.222-2-I du code de l'environnement prévoit que le rapport du SRCAE comprend « Une évaluation, pour les secteurs résidentiel, tertiaire, industriel, agricole, du transport et des déchets, des potentiels d'économie d'énergie, d'amélioration de l'efficacité énergétique et de maîtrise de la demande énergétique ainsi que des gains d'émissions de gaz à effet de serre correspondants ».

La présente partie du rapport présente :

- Dans le paragraphe V.1, les potentiels d'économies d'énergie et les gains d'émissions de GES dans le secteur résidentiel ;
- Dans le paragraphe V.2, les potentiels d'économies d'énergie et les gains d'émissions de GES dans le secteur tertiaire ;
- Dans le paragraphe V.3, les potentiels d'économies d'énergie et les gains d'émissions de GES dans le secteur du transport ;
- Dans le paragraphe V.4, les potentiels d'économies d'énergie et les gains d'émissions de GES dans le secteur industrie ;
- Dans le paragraphe V.5, les potentiels d'économies d'énergie et les gains d'émissions de GES dans le secteur agricole ;
- Dans le paragraphe V.6, les potentiels d'économies d'énergie et les gains d'émissions de GES dans le secteur des déchets.

### V.1 Les potentiels d'économies d'énergie et les gains d'émissions de GES dans le secteur résidentiel

#### Qu'est-ce que la Réglementation thermique (RT) ?

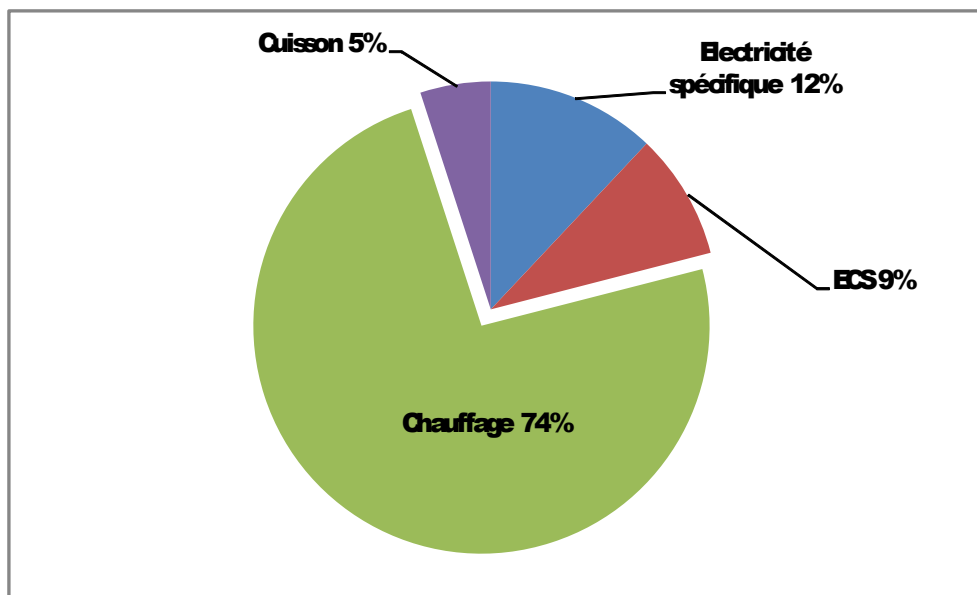
La RT française (RT pour réglementation thermique) a pour but de fixer une limite maximale à la consommation énergétique des bâtiments. La première RT date de 1974 avec application en 1975 (c'est la RT 75). Elle ne concernait que les bâtiments neufs d'habitation. D'autres ont suivi (RT 1988, RT 2000, RT 2005 et bientôt la RT 2012) et à chaque nouvelle réglementation, les exigences de performances énergétiques des bâtiments ont été renforcées.

Depuis la mise en place d'une réglementation thermique (1974), la consommation énergétique des constructions neuves a été divisée par 2. Le Grenelle Environnement prévoit de la diviser à nouveau par 3 grâce à une nouvelle réglementation thermique, dite RT 2012. La RT 2012 sera applicable à tous les permis de construire déposés à partir du 1er janvier 2013 pour tous les bâtiments neufs à usage d'habitation (maisons individuelles ou accolées, logements collectifs, cités universitaires, foyers de jeunes travailleurs).

L'étape suivante à partir de 2020 sera la construction de BEPOS (bâtiments à énergie positive) qui produisent plus d'énergie qu'ils n'en consomment.

Les  $\frac{3}{4}$  de la consommation d'énergie finale dans le secteur résidentiel résultent du chauffage.

□ Répartition de la consommation d'énergie du résidentiel par usage



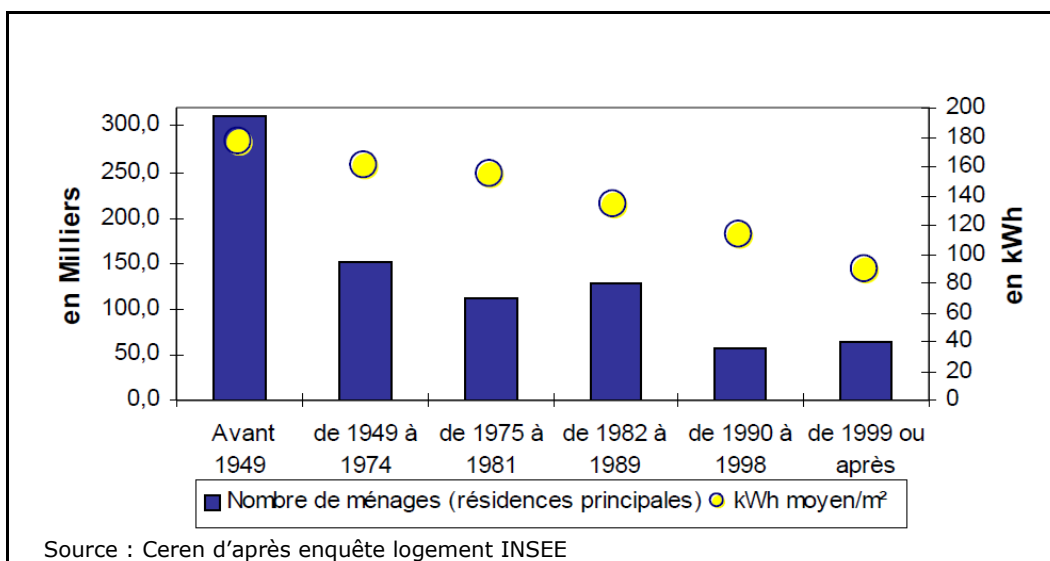
ECS = eau chaude sanitaire  
 Source : Energies Demain

Les leviers repérés pour diminuer les consommations énergétiques et les émissions de gaz à effet de serre sont les suivants :

**V.1.1 L'amélioration de la qualité thermique des bâtiments**

L'habitat de la région Centre est relativement ancien puisque 63 % des logements ont été construits avant 1975, année de la première réglementation thermique. Or l'ancienneté des logements influence fortement la consommation d'énergie. Les résidences les plus anciennes consomment davantage d'énergie.

□ **Énergie finale moyenne consommée par m<sup>2</sup> dans les maisons individuelles selon l'âge du parc en Centre**



L'amélioration de la qualité thermique des logements existants, à travers une action d'isolation des bâtiments est un enjeu majeur dans l'objectif de diminution de la consommation énergétique et de réductions des émissions de gaz à effet de serre. Ce sont donc les économies d'énergie et/ou d'émissions de CO<sub>2</sub> dans les bâtiments existants qui constituent l'objectif principal.

La loi Grenelle I fixe un objectif de réduction des consommations d'énergie dans les bâtiments existants d'au moins 38% à l'horizon 2020 (cette objectif porte sur les besoins thermiques des bâtiments, en chauffage et climatisation), avec notamment la rénovation complète de 400.000 logements chaque année à compter de 2013. Aussi, au niveau national, 800.000 logements sociaux dont la consommation d'énergie primaire est supérieure à 230 kWh /m<sup>2</sup>/an feront l'objet de travaux avant 2020, afin de ramener leur consommation annuelle à des valeurs inférieures à 150 kWh /m<sup>2</sup>/an.

### **V.1.2 La maîtrise de la consommation d'électricité spécifique**

L'électricité spécifique correspond à l'électricité utilisée pour les services qui ne peuvent être rendus que par l'électricité comme les lave-linge et lave-vaisselle, les appareils producteurs de froid, les postes audiovisuels et multimédias, et qui ne peuvent fonctionner sans électricité.

Dans l'habitat, la croissance de l'électricité spécifique continue vivement, contrairement à la consommation de chauffage qui tend à plafonner :

- Chauffage : 1 % par an;
- Électricité spécifique : plus de 4 % par an <sup>(1)</sup>.

En effet, même si on constate un ralentissement de la croissance des postes de l'électroménager et du froid, on note une croissance vertigineuse des taux d'équipement en appareils multi-média (communication, audio-visuel, informatique) et une automatisation croissante de nos environnements de vie (capteurs de présence, serrures, volets et portes électriques...).

Cet effet est renforcé par le fait que la micro-informatique est l'un des rares exemples d'objets consommateurs d'électricité dont l'efficacité énergétique unitaire a baissé dans le temps (alors qu'elle s'améliore pour pratiquement tous les autres types de consommations énergétiques).

Par ailleurs, les « veilles » consommeraient la production de 3 tranches nucléaires sur les 58 tranches en service actuellement<sup>(1)</sup>.

La maîtrise de la consommation d'électricité spécifique est un levier permettant la diminution des consommations énergétiques.

### **V.1.3 L'utilisation de système de production d'énergie plus performant et substitution des systèmes de chauffage**

Le remplacement des équipements existants par des équipements plus performants améliore les rendements de production et donc diminue les consommations énergétiques, et notamment l'utilisation de chaudières à haut rendement et de chaudières à condensation.

De plus les appareils individuels de combustion récents permettent de limiter ces émissions, à condition d'une bonne utilisation et d'un entretien régulier des machines.

---

(

<sup>(1)</sup> [Conseil Général des Ponts et Chaussées, rapport n°004831-01]

La substitution des énergies fossiles utilisées pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire par une énergie renouvelable (pompe à chaleur, bois, solaire thermique) permet de réduire les émissions de gaz à effet de serre émises par les énergies fossiles.

#### V.1.4 L'utilisation des agro-matériaux

Les agro-matériaux comprennent l'ensemble des matériaux composés de fibres naturelles et de polymères biosourcés (par exemple à base de fibre de chanvre et de lin, laines et bétons de chanvre).

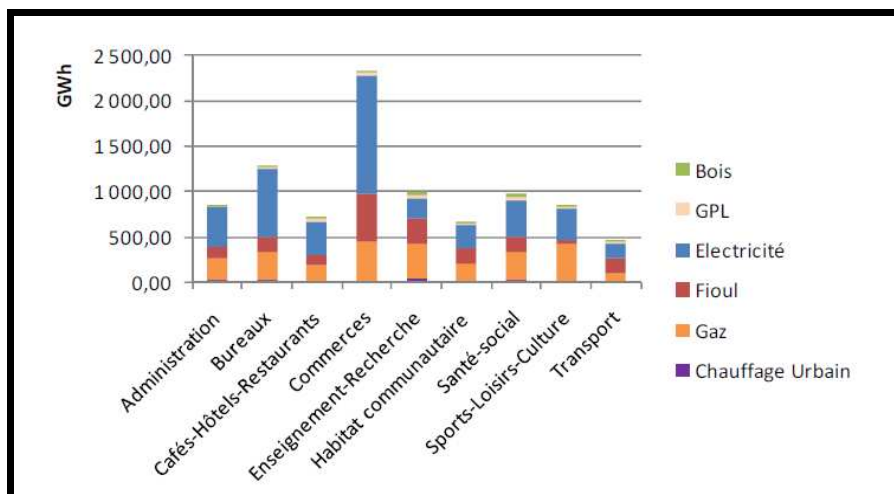
La production de la plupart des matériaux conventionnels mobilise beaucoup d'énergie, la fameuse énergie grise. Les matériaux peu transformés ou d'origine agricole, pour la plupart, stockent du carbone.

### V.2 Les potentiels d'économies d'énergie et les gains d'émissions de GES dans le secteur tertiaire

Dans la consommation énergétique du secteur tertiaire, la région se distingue de la moyenne française par une place plus importante de l'électricité (46% des consommations régionales contre 42% des consommations du tertiaire en France), au détriment du gaz naturel (29% des consommations régionales contre 32% des consommations du tertiaire en France), du fait du caractère rural de la région.

Le chauffage et les usages spécifiques de l'électricité sont les plus consommateurs. A eux deux, ils concernent plus de 80 % des consommations d'énergie finale du secteur.

#### □ Consommations d'énergie finale par branche et par énergie en région Centre



Source : Energies Demain

Le gaz et le fioul sont les principales énergies de chauffage. A elles deux, elles concernent les 2/3 des surfaces chauffées (respectivement 43 % et 24 % des surfaces chauffées). L'électricité vient en troisième position avec 16% des surfaces chauffées.

Le cabinet Axenne a estimé à environ 170.000 tep/an la consommation de chauffage et d'eau chaude sanitaire des bâtiments tertiaires dont l'énergie pourrait être substituée par de la biomasse. Le potentiel le plus important se situe dans les bureaux.

Comme pour le secteur du bâtiment résidentiel, les principaux leviers d'économies d'énergie et de gains d'émissions de gaz à effet de serre sont :

- L'amélioration de la qualité thermique des bâtiments ;
- La maîtrise de la consommation d'électricité spécifique ;
- L'utilisation de systèmes de production d'énergie plus performants et la substitution des systèmes de chauffage ;
- L'utilisation des agro-matériaux.

### **V.3 Les potentiels d'économies d'énergie et les gains d'émissions de GES dans le secteur industriel**

Le secteur industriel a émis 4.253.000 teq CO<sub>2</sub> en 2008, soit 18% des émissions régionales de GES.

#### **V.3.1 L'amélioration de l'efficacité énergétique**

Si des efforts d'amélioration de l'efficacité énergétique sont notables, un potentiel technique d'économies d'énergie existe dans le secteur de l'industrie. Le CEREN estime que ce gisement se répartit de la façon suivante :

- Les 2/3 de ce gisement pourraient être atteints par la mise en œuvre de techniques existantes économes au niveau des procédés ;
- Le 1/3 restant au niveau des actions plus transversales (transmission de fluides caloporteurs, production de froid, chauffage et éclairage des locaux, moteurs, etc).

En termes d'efficacité énergétique des usages transversaux, le CEREN identifie 7 gisements d'énergie :

- Les moteurs ;
- La production de fluides caloporteurs ;
- Le chauffage des locaux ;
- L'éclairage ;
- La production d'air comprimé ;
- La distribution de fluides caloporteurs ;
- La production de froid.

Le cabinet Énergies Demain a proposé un chiffrage des gisements d'économies d'énergie dans l'industrie.

#### **□ Estimation des gisements d'économies d'énergie dans l'industrie (Centre)**

	<b>Gisement « procédés »</b>	<b>Gisement « utilités »</b>
<b>Industrie agro-alimentaires</b>	<b>20%</b>	<b>8%</b>
<b>Métaux</b>	<b>25%</b>	<b>2%</b>
<b>Mécanique</b>	<b>11%</b>	<b>13%</b>
<b>Matériaux</b>	<b>14%</b>	<b>4%</b>
<b>Chimie</b>	<b>14%</b>	<b>6%</b>
<b>Papier</b>	<b>12%</b>	<b>8%</b>
<b>Autre</b>	<b>12%</b>	<b>10,00%</b>

Source : Energies Demain, adapté du CEREN



### **V.3.2 La substitution des énergies fossiles par des énergies renouvelables**

La substitution de sources d'énergie fossiles par des énergies renouvelables, ne contribue pas forcément à une meilleure efficacité énergétique, mais permet de limiter les émissions de gaz à effet de serre du secteur.

Le cabinet Axenne a estimé que 20 sites PNAQ pourraient substituer leur énergie de chauffage par du bois, ce qui représenterait une consommation d'environ 169.000 tep/an. Les sites non soumis au PNAQ représentent un potentiel d'utilisation de biomasse de l'ordre de 388.000 tep /an. Les industries du bois et du papier représentent le potentiel le plus important suivies des industries de la chimie organique (plus de 100.000 tep/an).

### **V.4 Les potentiels d'économies d'énergie et les gains d'émissions de GES dans le secteur des déchets**

La production de déchets ménagers en France a plus que doublé entre 1960 et 2005. Les déchets ménagers générés en région Centre s'élèvent à 1.420.000 tonnes en 2006, soit 562 kg/habitant. La moyenne nationale se situe à 590 kg/habitant [Énergies Demain].

D'après une campagne menée par l'ADEME en 2007, les biodéchets représentent en moyenne 52% du tonnage des ordures ménagères résiduelles : 10,3% de papiers, 5,7% de cartons et 36% de déchets alimentaires et de jardins. Si on considère que les biodéchets incinérés sans valorisation énergétique ainsi que les déchets stockés sans récupération de biogaz sont valorisables énergétiquement, la ressource mobilisable s'élève à 7.100 tep/an. [Axenne].

### **V.5 Les potentiels d'économies d'énergie et les gains d'émissions de GES dans le secteur agricole**

Le secteur agricole représente 28,5% des émissions régionales de gaz à effet de serre (eq CO<sub>2</sub>). La consommation énergétique finale du secteur s'élève à 4% de la consommation régionale.

Les leviers pour réduire la consommation énergétique :

#### **V.5.1 L'amélioration des consommations des machines agricoles**

L'amélioration des réglages des machines agricoles, une meilleure adaptation aux besoins (moins de surmotorisation) et une simplification des itinéraires culturaux (techniques de « non-labour ») peuvent contribuer à une baisse des consommations énergétiques.

#### **V.5.2 La maîtrise de la consommation énergétique dans les bâtiments et les serres**

A partir d'une étude Solagro, Energies Demain a estimé les économies d'énergie et les substitutions par des énergies renouvelables qui peuvent être réalisées dans les bâtiments et les serres selon l'utilisation de l'énergie.

□ **Estimation des économies d'énergie et de la substitution par des énergies renouvelables, hors carburants des tracteurs agricoles (Centre)**

	<b>Économies d'énergie</b>	<b>Substitution par des énergies renouvelables</b>
<b>Chauffage et isolation élevage</b>	<b>20%</b>	<b>20%</b>
<b>Chauffage et isolation serre</b>	<b>20%</b>	<b>20%</b>
<b>Eclairage</b>	<b>30%</b>	<b>10%</b>
<b>Pompe à vide</b>	<b>40%</b>	
<b>Production d'eau chaude</b>	<b>40%</b>	<b>40%</b>
<b>Tank</b>	<b>40%</b>	<b>40%</b>
<b>Ventilation</b>	<b>20%</b>	

Source : Energies Demain, adapté des travaux de Solagro

**Les leviers pour réduire les émissions de gaz à effet de serre :**

73% des émissions de GES (en équivalent CO<sub>2</sub>) du secteur sont dues aux émissions de protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O). Ces émissions sont liées à la fertilisation azotée. 14% des émissions de gaz à effet de serre résultent des émissions de méthane (CH<sub>4</sub>) produit notamment par les ruminants [source : Lig'air]. C'est donc sur les émissions de protoxyde d'azote qu'il convient d'agir en premier lieu pour réduire l'effet de serre résultant des activités agricoles.

**V.5.3 La modification des pratiques culturales**

● **L'optimisation des apports azotés**

Une optimisation des apports azotés, réduisant les quantités apportées, contribue à la diminution des émissions de N<sub>2</sub>O. Une étude de Solagro de 2003 montrait que réduire l'excédent azoté sur les sols agricoles français permettait une réduction des émissions de presque 20% des émissions agricoles françaises (en équivalent CO<sub>2</sub>).

● **Le potentiel de stockage de C dans les sols : un potentiel de stockage de carbone non négligeable mais difficile à valoriser**

Dans la synthèse de son rapport d'expertise d'octobre 2002, l'INRA précise qu'en raison de l'histoire des changements d'occupation des sols, et notamment de l'extension des surfaces boisées, les sols français présenteraient un stockage de carbone toujours positif depuis 1850, à l'exception d'une courte période liée à la mise en place des jachères nues européennes. Pour la période 1980-1990, le flux net de stockage est estimé à 1,5 ±0,5 MtC/an (soit 0,03 ±0,01 tC/ha/an).

L'INRA propose également dans ce document des scénarios établis au niveau national. Un **scénario extrême** de changements d'usage des sols, correspondant à la conversion en 10 ans de 3 Mha de terres labourées et de 0,8 Mha de jachères (soit 3,8 Mha) pour moitié en prairies permanentes et pour moitié en forêts, permettrait un stockage additionnel de **2,9 MtC/an** sur 20 ans.

Un **scénario plus réaliste**, soit :

- 50% de la surface cultivée convertie au semis direct en 20 ans, avec 1 labour tous les 4 ans en moyenne : 0,6 MtC/an,
- l'implantation de cultures intermédiaires sur toutes les surfaces potentielles, soit 4 Mha : 0,6 MtC/an

- 30 000 ha/an d'afforestation (sur 80% de friches et prairies et 20% de terres labourées) : 0,1 MtC/an
- 30 000 ha/an de mise en prairie permanente à partir de cultures : 0,1 MtC/an, aboutirait à un stockage additionnel total de **1,4 MtC/an** sur 20 ans.

Cette estimation n'intègre pas de stockages additionnels par modification de la gestion des systèmes fourragers, plus difficiles à chiffrer.

**Même l'hypothèse modérée d'un stockage sur 20 ans de l'ordre de 1 à 3 MtC/an n'est possible qu'au prix de changements affectant plus de la moitié des surfaces cultivées :**

- Les stockages de C envisagés impliquent des changements massifs de pratiques et d'usage des terres,
- Ils supposent des engagements de très longue durée des agriculteurs (pour la constitution de stocks additionnels puis leur maintien),
- Ils exigeront, pour être pris en compte dans le bilan national, un dispositif de vérification lourd et donc coûteux à mettre en œuvre.
- Ils nécessiteront des mesures incitatives, dont la nature, le critère d'attribution et le financement ne sont pas faciles à définir.

**Il faut également noter que ce stockage potentiel est limité dans le temps et dans l'espace :**

- Il s'agit d'une solution finie, qui ne constitue en aucun cas une solution durable à long terme, en l'état actuel de nos connaissances,
- En termes de potentiel de stockage de carbone dans les sols, de fortes disparités régionales sont attendues en fonction des caractéristiques pédoclimatiques et des stocks et dynamiques actuels.

Selon l'INRA, ce potentiel global est estimé pour les conditions françaises à l'équivalent de 1 à 2% des émissions de GES françaises, ce qui n'est pas négligeable, puisqu'il pourrait représenter une proportion importante de l'effort à consentir pour respecter les engagements pris dans le cadre de Kyoto.

La définition de mesures visant à réduire les émissions de GES dans le secteur agricole nécessite de prendre en compte l'ensemble des gaz à effet de serre d'origine agricole, et notamment les émissions de N<sub>2</sub>O. Ce dernier point devrait conduire à considérer la gestion des intrants azotés comme prioritaire. En effet, selon l'INRA, une réduction de 10% des engrais azotés correspondrait déjà à un gain de l'ordre de 0,6 MtC/an (émission de N<sub>2</sub>O et énergie de synthèse). Il convient également de s'assurer que l'adoption d'une pratique à un endroit n'induit pas ailleurs une émission ou un déstockage (*leakage*). Enfin il est nécessaire de comparer le stockage de C dans les sols à l'alternative énergétique (cultures pour la production d'agrocarburants et valorisation énergétique des résidus agricoles et urbains) et de le comparer aux réductions d'émission possibles dans les autres secteurs économiques.

Les pratiques tendant à stocker du carbone dans le sol présentent quasi-systématiquement **d'autres bénéfices environnementaux** : limitation de l'érosion, amélioration de la qualité des sols et des eaux, économie d'énergie fossile, biodiversité plus élevée... Cette compatibilité avec d'autres objectifs environnementaux permet d'intégrer les mesures incitatives carbone dans des mesures agri-environnementales plus larges. L'existence de certains effets négatifs (emploi accru de produits phytosanitaires en non-labour, fermeture des paysages...) nécessitera toutefois quelques arbitrages entre les différents objectifs environnementaux.

#### **V.5.4 La production d'énergie renouvelable**

La production sur l'exploitation d'énergie renouvelable contribue à la diminution des émissions de GES mais aussi à l'autonomie énergétique.

La méthanisation des déchets agricoles permet à la fois la production d'énergie et la valorisation de déchets. Elle peut également éviter les dégagements de méthane qui se produisent naturellement au cours du stockage des déjections animales.

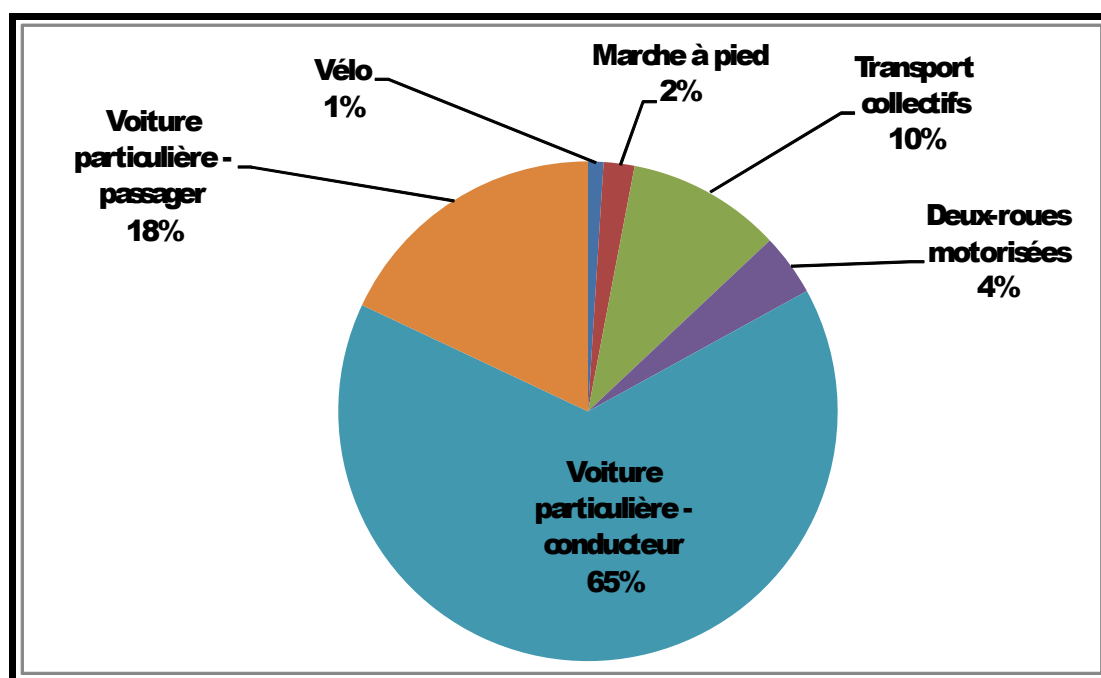
D'après l'étude du cabinet Axenne, la ressource mobilisable supplémentaire en région Centre pourrait permettre de produire 447 ktep/an d'énergie.

## V.6 Les potentiels d'économies d'énergie et les gains d'émissions de GES dans le secteur du transport

Les déplacements domicile-travail des actifs et domicile-études des étudiants sont générateurs en 2008 de 828.000 tonnes de CO<sub>2</sub> du fait d'une utilisation majoritaire de la voiture (89% des émissions et 77% des distances parcourues). Ces distances se sont allongées en 10 ans autant le long de l'axe ligérien que dans les franges franciliennes.

Plus de 80% des distances parcourues pour des déplacements journaliers de voyageurs inférieurs à 80 km s'effectuent en voiture.

### □ Répartition modale des distances parcourues un jour dans la semaine lors de déplacements de voyageurs < 80 km



Source : Énergies Demain

Les leviers permettant de réduire les consommations énergétiques et les émissions de gaz à effet de serre dans le secteur des transports sont les suivants :

### V.6.1 La limitation de la vitesse et le respect des limitations

La limitation de la vitesse maximale des véhicules sur les autoroutes notamment constitue un levier pour faire diminuer la consommation en carburant des véhicules.

## **V.6.2 Le développement des modes doux**

Les modes doux sont des modes de déplacement dans la rue ou sur route sans apport d'énergie autre qu'humaine comme la marche, le vélo, la trottinette, les rollers... En conséquence, ces modes n'émettent pas de gaz à effet de serre.

Selon l'ADEME en France, ¼ des déplacements font moins de 1 km et en ville, chaque kilomètre réalisé à pied peut permettre d'économiser 280 g de CO<sub>2</sub>.

En ville, le vélo est considéré comme le plus rapide des moyens de transport pour les distances inférieures à 6 km. 10 km quotidiens de vélo évitent le rejet, par l'usage d'une voiture, de 700 kg de CO<sub>2</sub> par an.

## **V.6.3 Le développement de l'usage du transport collectif**

Selon l'ADEME, les déplacements urbains effectués par des modes individuels sont les plus consommateurs d'énergie. Ainsi, les modes de transport individuels sont deux à trois fois moins efficaces que les transports collectifs routiers, et deux à sept fois moins performants que les modes ferrés.

## **V.6.4 Le covoiturage**

Le covoiturage consiste à optimiser le transport en voiture. Ce système permet de diminuer le nombre de voitures en circulation pour un même déplacement et de diminuer les consommations d'énergies fossiles et les émissions de gaz à effet de serre.

Les résultats d'une vingtaine d'enquêtes ménages déplacements du CERTU font apparaître des taux d'occupation moyens des voitures de 1,34 en France. On constate une forte variation selon les motifs puisque, pour le motif travail, ce taux est de 1,1 en moyenne contre près de 1,5 pour les autres motifs.

## **V.6.5 La densification des zones urbaines et mixité du tissu urbain**

Le lien entre densité et mobilité est établi depuis longtemps. En 1989, Newman et Kenworthy établissent une typologie de grandes villes suivant les consommations d'énergie consacrées à la mobilité. Ils établissent une relation négative entre densité et consommations liées à la mobilité. Plus on habite en milieu dense, moins on parcourt de distance en voiture pour se rendre sur son lieu de travail.

Les portées de déplacements peuvent varier du simple au double selon qu'on habite dans un centre urbain ou dans une frange d'aire urbaine. Les portées de déplacements correspondent à la distance parcourue pour satisfaire le besoin ayant déclenché ces déplacements. L'organisation urbaine a un fort impact sur cela. Par exemple, si le commerce le plus proche se situe à 5 kilomètres, la portée des déplacements au motif achat sera d'au moins cette distance.

L'impact de la portée des déplacements sur les émissions est double :

- Réduire les distances parcourues ;
- Favoriser des modes de déplacement moins émissifs et en particulier le vélo et la marche à pied.

## **V.6.6 L'écoconduite et la formation aux gestes économes**

L'objectif principal d'un programme d'éco-conduite est de modifier les comportements des conducteurs afin qu'ils adoptent de manière pérenne une conduite économe en carburant.

Pour les véhicules légers, l'adoption de l'éco-conduite, permet de réduire la consommation de carburant de 7 à 10 %.

Le Projet BEET (Benchmarking Energy Efficiency in Transport) réalisé par l'AFT-IFTIM (en partenariat avec NEA et avec la collaboration de Renault Trucks) a pu montrer l'existence de gains réels liés à la formation écoconduite dans le transport routier de voyageurs. Le suivi d'une formation initiale à l'éco-conduite génère un gain significatif sur la consommation de carburant, en moyenne de 10% suivant le type d'activité. Ce sont les activités avec le plus de changements de régime (exemple : transport scolaire ou ligne régulière) qui ont le potentiel de gain le plus important.

L'optimisation de la climatisation et du chauffage permet de limiter la surconsommation des véhicules. La surconsommation moyenne à l'année d'un autocar liée aux systèmes de production de chaud et de froid entraîne une augmentation de 10% de la consommation de carburant. Mieux maîtrisée, l'utilisation de ces systèmes peut permettre de réduire en moyenne entre 20% et 50% de cette consommation, soit entre 2 et 5% de réduction de la consommation de carburant du car.

### **V.6.7 L'amélioration de l'efficacité énergétique des véhicules**

Un potentiel significatif d'optimisation de la consommation de carburant réside dans la bonne adéquation entre le type de véhicule et son activité.

L'objectif principal de la maintenance des véhicules est de garantir leurs performances à long terme. En parallèle, une bonne maintenance permet aussi de réduire les risques de surconsommation associée aux dégradations du matériel (obstruction des filtres, dégradation de l'huile).

### **V.6.8 Les alternatives aux déplacements professionnels**

Les NTIC (Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication) permettent d'envisager des solutions alternatives aux déplacements professionnels et donc de réaliser des économies d'énergie. On peut citer par exemple le télétravail (en France, 7% de la population active travaille à distance) et les systèmes de téléconférence .

## **V.7 Quelques exemples chiffrés**

### Production d'énergie

- 1 éolienne de 2,5 MW produit par an 6 250 MWh soit l'équivalent de 537 tep et permet d'économiser 1875 tonnes de CO<sub>2</sub> sur une hypothèse de 300 g de CO<sub>2</sub>/ kWh (MEDAD-ADEME)
- 10 m<sup>2</sup> de panneaux photovoltaïques d'une puissance de 1 kWc produisent par an environ 1 000 kWh soit 0,09 tep et permet d'éviter le rejet de 100 kg de CO<sub>2</sub> (Observer) (mix énergétique 100 g CO<sub>2</sub>/kWh)
- la production d'eau chaude sanitaire pour une famille de 4 personnes par un chauffe-eau solaire individuel permet d'économiser 15 400 kWh soit 1,3 tep sur les 15 ans de durée de vie de l'installation (opération standardisée CEE/ Observer)

### Consommation dans le bâtiment

Une habitation classée G (500 kWh/m<sup>2</sup>/an) de 100 m<sup>2</sup> après réhabilitation aboutissant à une classe C (100 kWh/m<sup>2</sup>/an) consomme 10 000 kWh/an soit 0,9 tep. Ainsi la réhabilitation permet l'économie de 40 000 kWh/an soit 3,4 tep.

Une habitation de 100 m<sup>2</sup>, classée C (à 100 kWh/m<sup>2</sup>/an) émet annuellement (hors transport de l'énergie) :

- 2,71 t CO<sub>2</sub>, si elle est chauffée au fioul
- 2,06 t CO<sub>2</sub>, si elle est chauffée au gaz naturel
- 1,88 t CO<sub>2</sub>, si elle est chauffée à l'électricité
- 0 t CO<sub>2</sub>, si elle est chauffée au bois (la combustion du bois émet du CO<sub>2</sub>, mais comme le bois, lors de sa croissance, a capté du CO<sub>2</sub>, le bilan est considéré équilibré, et les émissions nulles)

(source CEREN pour les contenus CO<sub>2</sub> des énergies)

### Éléments financiers

Des éléments financiers sont fournis en annexe.





## **VI. L'évaluation du potentiel de développement des énergies renouvelables**

**VI.1. Le potentiel de développement de la biomasse**

**VI.2. Le potentiel de développement de l'éolien**

**VI.3. Le potentiel de développement du solaire**

**VI.4. Le potentiel de développement de la géothermie**

**VI.5. L'énergie hydraulique**



## **Contenu du rapport du SRCAE**

L'article R.222-2-I du code de l'environnement prévoit que le rapport du SRCAE comprend « une évaluation du potentiel de développement de chaque filière d'énergie renouvelable terrestre et de récupération, compte tenu de la disponibilité et des priorités d'affectation des ressources, des exigences techniques et physiques propres à chaque filière et des impératifs de préservation de l'environnement et du patrimoine ».

La présente partie du rapport présente des estimations du gisement et du potentiel de développement pour la biomasse, l'éolien, le solaire et la géothermie.

### **VI.1 Le potentiel de développement de la biomasse**



Des travaux ont été menés par le bureau d'études AXENNE pour évaluer le potentiel de développement de la biomasse. Les résultats sont repris dans le présent paragraphe.

#### **VI.1.1 L'évaluation du gisement potentiel**

Les ressources étudiées sont présentées dans le tableau suivant.

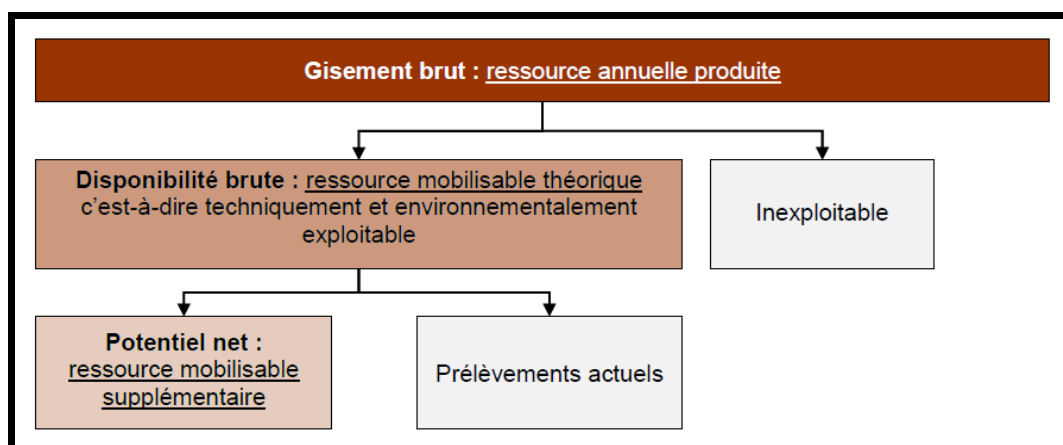
□ **Ressources prises en compte pour évaluer le potentiel**

Produits et déchets de l'agriculture		Gisement annuel brut	Ressource brute annuelle (ktep)
Résidus de culture	Paille de céréales et d'oléagineux Issues de silo Cannes de maïs	6 239 000 tonnes de matière sèche	1073,9
	Effluents d'élevage	Fumiers Lisiers Fientes de volailles	4 223 400 tonnes de matière brute 172,5
Produits et déchets bois (sylviculture, industries connexes,		Gisement annuel brut	Ressource brute annuelle (ktep)
Ressources forestières	BIBE <sup>(1)</sup> Menus bois	5 400 000 m <sup>3</sup>	1220
	Ressources paysannes	Haies Vignes et vergers	182 000 m <sup>3</sup> 49 000 tonnes de matière sèche 21
Ressources urbaines	Elagage	85 000 tonnes de matière sèche	37
Produits connexes de la transformation du bois	Première transformation	333 000 tonnes de matière sèche	145
	Deuxième transformation		
Produits en fin de vie	Bois de rebut	59 000 tonnes de matière sèche	26
Déchets industriels et ménagers		Gisement annuel brut	Ressource brute annuelle (ktep)
Déchets de l'agro-industrie	Déchets organiques des IAA <sup>(2)</sup>	47 374 000 Nm <sup>3</sup> de méthane	40,5
	Déchets ménagers et des collectivités, ordures résiduelles	Fraction fermentescible des ordures ménagères Huiles alimentaires usagées	316 830 tonnes
Déchets végétaux		Déchets verts hors bois	64 000 tonnes de matière sèche
Boues de STEP		36 400 tonnes	3,7

1 BIBE = Bois d'Industrie, Bois d'Energie  
2 IAA = industries agroalimentaire

Source : AXENNE Pour chacune de ces ressources, un gisement brut, un gisement théorique disponible et un gisement mobilisable supplémentaire ont été identifiés, selon la méthodologie présentée dans le schéma ci-après.

□ **Méthodologie de détermination des gisements brut, théorique et mobilisable**



Source : AXENNE

La ressource supplémentaire mobilisable est évaluée sans être placée dans un contexte temporel ou économique c'est-à-dire qu'il s'agit d'un « maximum » envisageable qui ne tient

pas compte des paramètres influant sur la mobilisation de cette ressource et reste donc théorique.

Pour les pailles, la ressource mobilisable théorique est estimée en prenant en compte la nécessité du retour au sol d'une partie des pailles produites. En effet, les pailles participent à la fertilisation des sols, notamment par l'apport de matière organique. La ressource mobilisable supplémentaire en pailles est estimée en retranchant à la ressource mobilisable théorique, la paille déjà ramassée et valorisée (alimentation animale, litière, panneaux de particules, énergie...).

En région Centre, l'ensemble du gisement supplémentaire mobilisable pour la combustion est estimé à 1.356.000 tep/an (environ 16.000 GWh/an). Cette estimation est répartie à 50% pour le bois et ses connexes (majoritairement BIBE) et à 50% pour la biomasse agricole (paille).

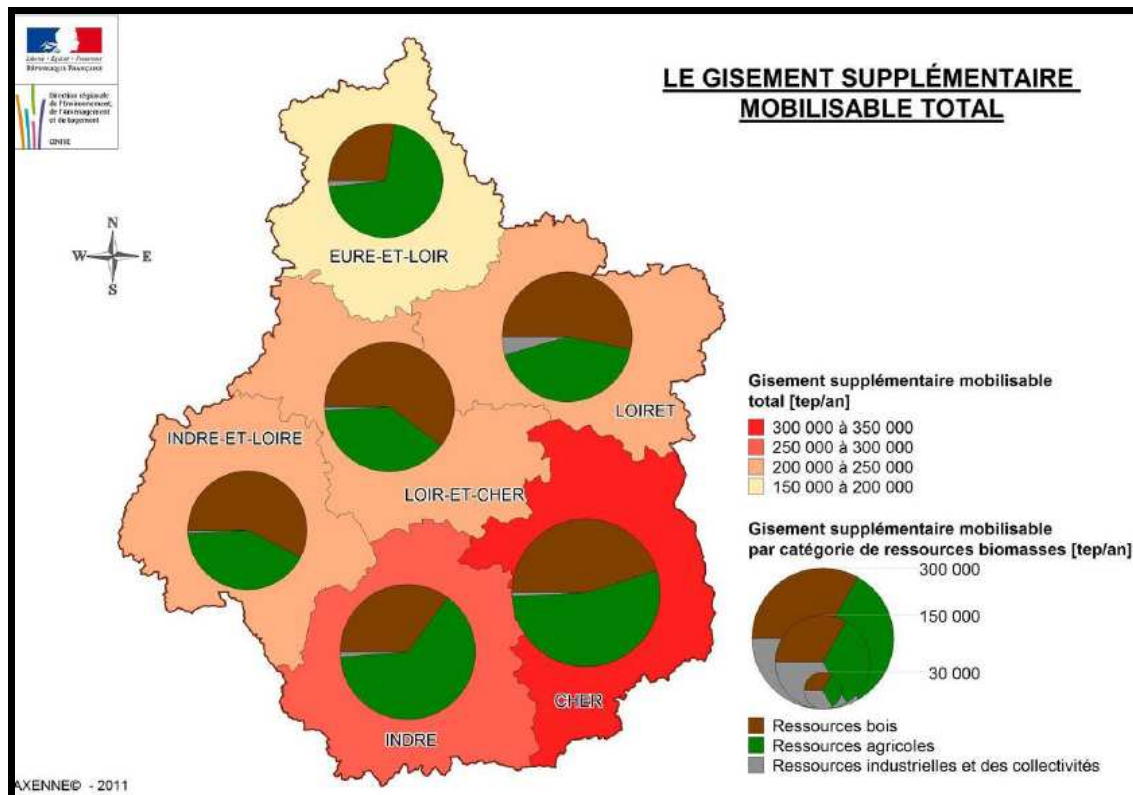
L'ensemble du gisement supplémentaire mobilisable pour la méthanisation est estimé en région Centre à 471.000 tep/an (5.500 GWh/an), réparti à 96% pour la biomasse agricole et 4% pour la biomasse issue des déchets des industries et des collectivités. La biomasse agricole est majoritairement constituée de paille et d'effluents d'élevage avec respectivement 63 et 27%.

Au total **la ressource mobilisable supplémentaire est estimée à 1.455.500 tep/an** de biomasse soit environ 17 000 GWh/an (la paille pouvant être valorisée par combustion et par méthanisation. On prend l'hypothèse d'une valorisation de la paille à 80% par combustion et 20% par méthanisation).

CATEGORIE	TYPE	VALORISATION	SUPPLEMENTAIRE MOBILISABLE (tep)
<b>BOIS</b>	BIBE	Combustion	511.000
	Menu bois	Combustion	119.000
	Haies et alignements	Combustion	25.000
	Vignes et vergers	Combustion	6.000
	Connexes 1ère transfo du bois	Combustion	3.000
	Connexes 2ème transfo du bois	Combustion	1.300
	Ressources urbaines	Combustion	9.000
	Bois de rebut	Combustion	3.000
<b>BIOMASSE AGRICOLE</b>	Paille de céréales et d'oléagineux	Combustion	678.660
		Méthanisation	294.830
	Issues de silo	Méthanisation	10
	Canne de maïs	Méthanisation	25.000
	Effluents d'élevage	Méthanisation	126.900
<b>BIOMASSE INDUSTRIELLE ET DES COLLECTIVITES</b>	Déchets organiques d'IAA	Méthanisation	9.300
	Boues de STEP urbaines	Méthanisation	2.700
	Ordures ménagères	Méthanisation	7.100
	Huiles usagées	Méthanisation	3.200
	Déchets organiques GMS	Méthanisation	1.000
	Déchets verts hors bois	Méthanisation	1.100
<b>TOTAL COMBUSTION</b>			<b>1.355.960</b>
<b>TOTAL METHANISATION</b>			<b>471.140</b>

Source : AXENNE

## □ Gisement supplémentaire mobilisable



Source : AXENNE

### VI.1.2 La consommation potentielle de biomasse en région Centre

La mise en service des installations retenues d'appels d'offres de CRE (Commission de Régulation de l'Énergie) pour la cogénération d'électricité et de chaleur et d'appels à projet BCIAT (Biomasse Chaleur Industrie Agriculture Tertiaire) pour la production de chaleur mobilisera une partie du gisement supplémentaire mobilisable.

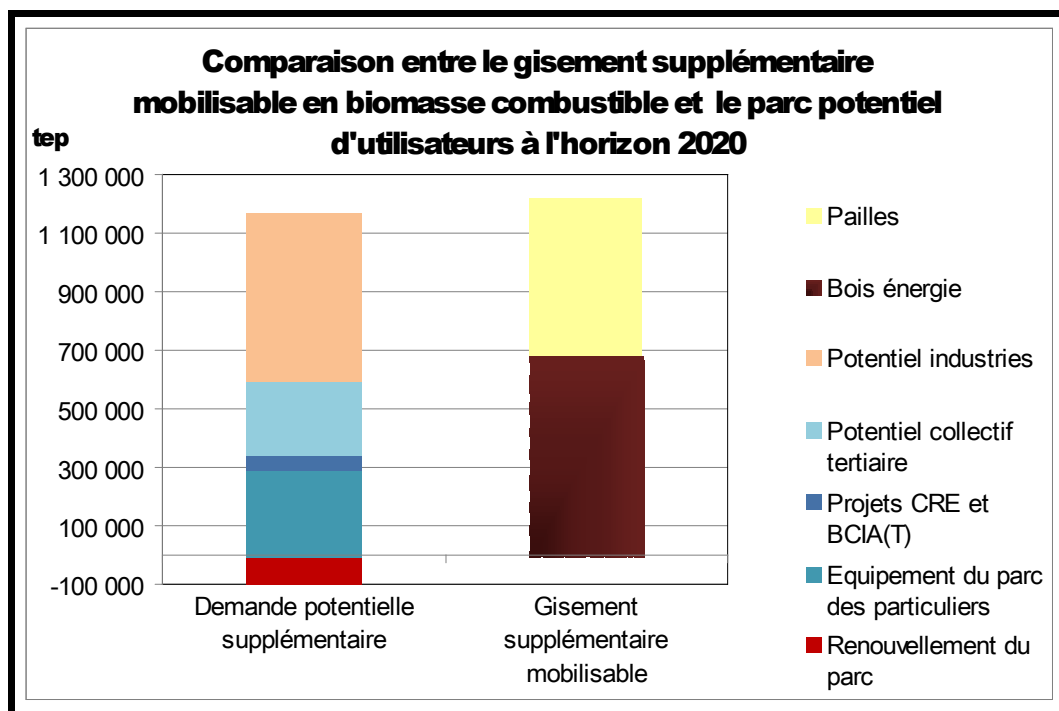
Par ailleurs, le renouvellement des équipements des particuliers permet une diminution de la consommation de bois énergie grâce à un rendement de combustion accru. Ce renouvellement permet également de diminuer les émissions polluantes.

Un grand nombre de bâtiments peuvent être chauffés par de la biomasse (immeubles de logements collectifs, maisons individuelles, bâtiments tertiaires, industries). La consommation de ce parc potentiel a été estimée à 1.073.000 tep/an à l'horizon 2020 dont :

- Secteur industriel : 54% ;
- Secteur tertiaire collectif : 24% ;
- Secteur habitat individuel : 14%.

Le graphique suivant compare le gisement de biomasse solide mobilisable à la demande du parc potentiel à l'horizon 2020.

❑ **Comparaison du gisement supplémentaire et de la demande potentielle supplémentaire**



Source : AXENNE

## VI.2 Le potentiel de développement de l'éolien

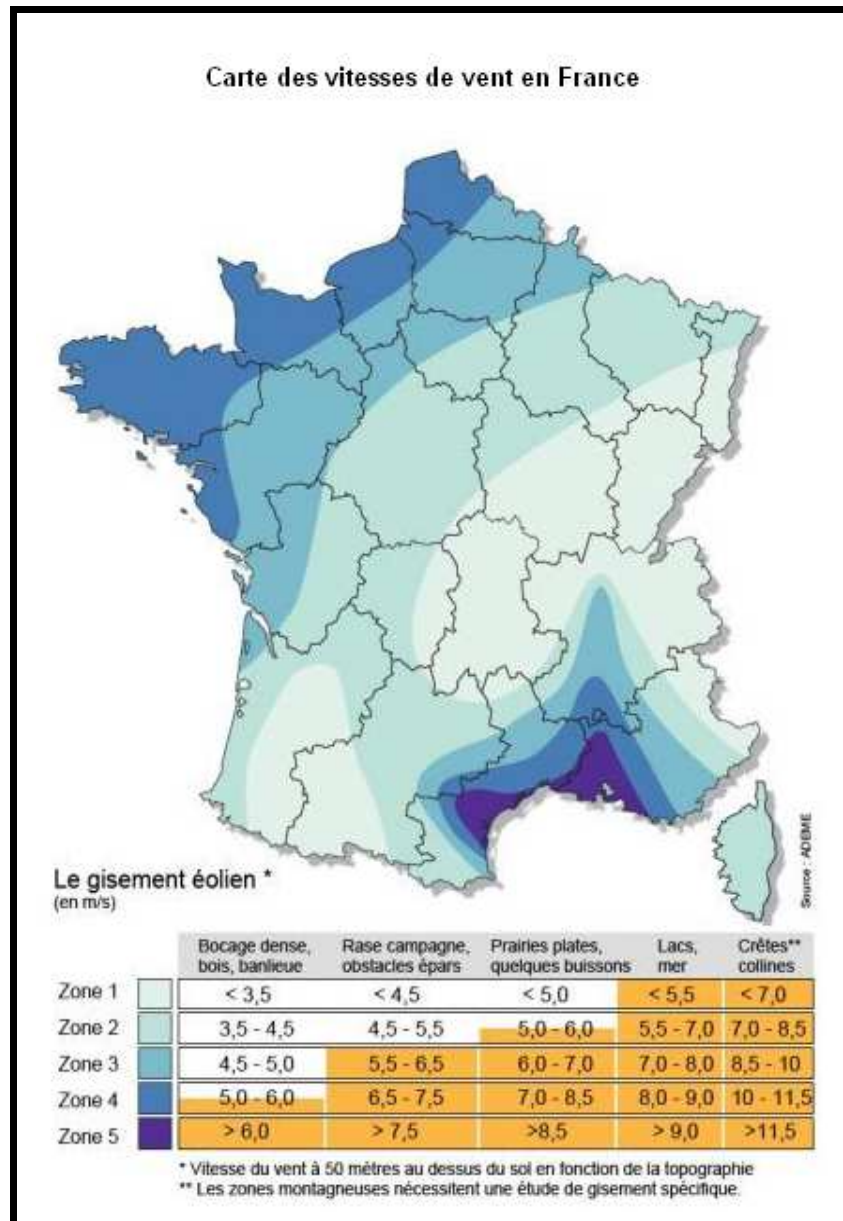
### VI.2.1 Le gisement de vent



La France dispose du second gisement éolien d'Europe, après le Royaume-Uni, grâce à ses façades littorales. Les zones les plus ventées sont la façade ouest de la Vendée au Pas-de-Calais, le littoral Languedocien et la vallée du Rhône.

A l'échelle nationale, la région Centre est une région au potentiel de vent moyen au regard des autres régions françaises et notamment de ces régions littorales.

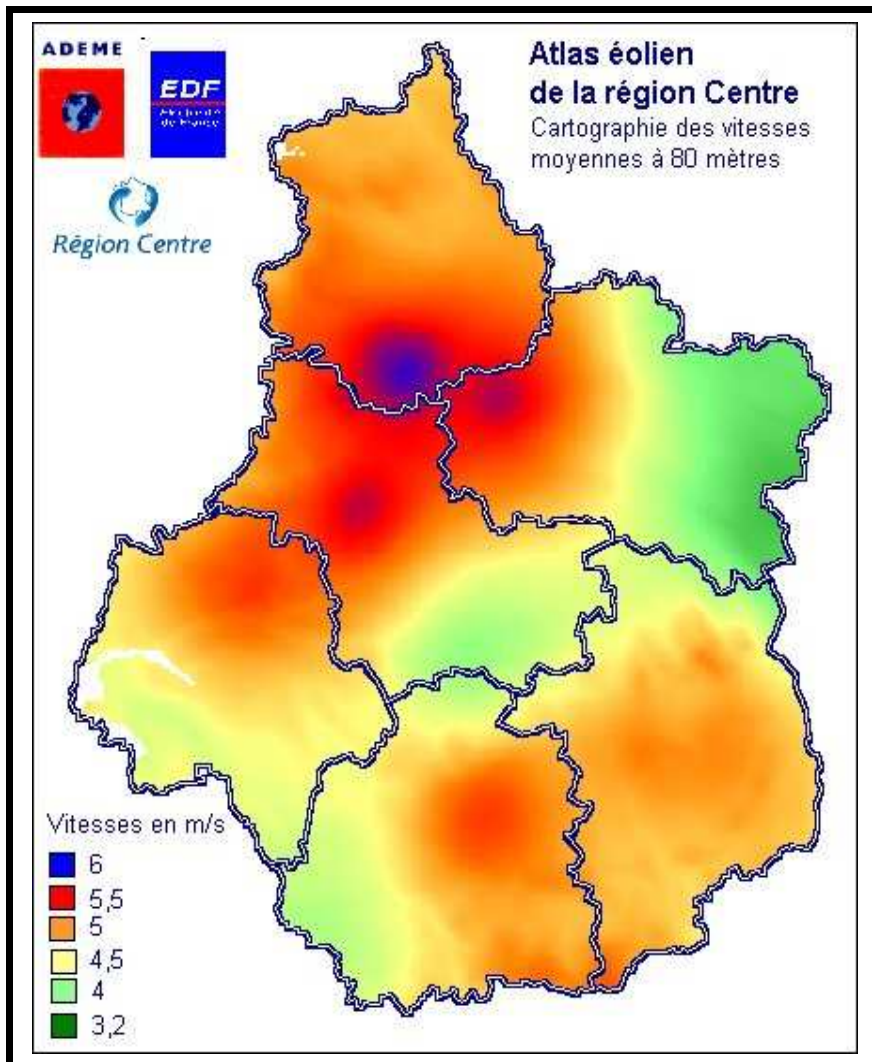
❑ Carte des vitesses de vent en France



Source : ADEME



## □ Atlas éolien de la région Centre



Source : ADEME / EDF (2001)

L'atlas régional du potentiel éolien, réalisé en 2001, par l'ADEME, EDF et la Région Centre montre que de nombreux sites peuvent être exploités : la partie sud de la Beauce et la Champagne Berrichonne font partie des zones les plus favorables à l'implantation d'éoliennes

Cet atlas montre un potentiel éolien faible au Sud-Est du département du Loiret, dans le Sud du Loir-et-Cher et au Sud-Ouest de la région. Toutefois, à l'usage, il est apparu que les vitesses données par l'atlas éolien régional sont fortement sous-estimées.

Par ailleurs, la vitesse moyenne du vent cache souvent de grandes disparités. Des sites ayant la même vitesse de vent moyenne peuvent avoir des performances très différentes. Si la vitesse moyenne du vent est élevée car dans l'année il y a quelques jours seulement où le vent souffle très fort et le reste du temps très peu, l'installation d'une éolienne n'est pas forcément rentable.

En tenant compte des différentes contraintes techniques et réglementaire recensées pour élaborer le Schéma Régional Éolien, le potentiel éolien de la région Centre est évalué à 2.600 MW.

## VI.3 Le potentiel de développement du solaire

### VI.3.1 L'ensoleillement

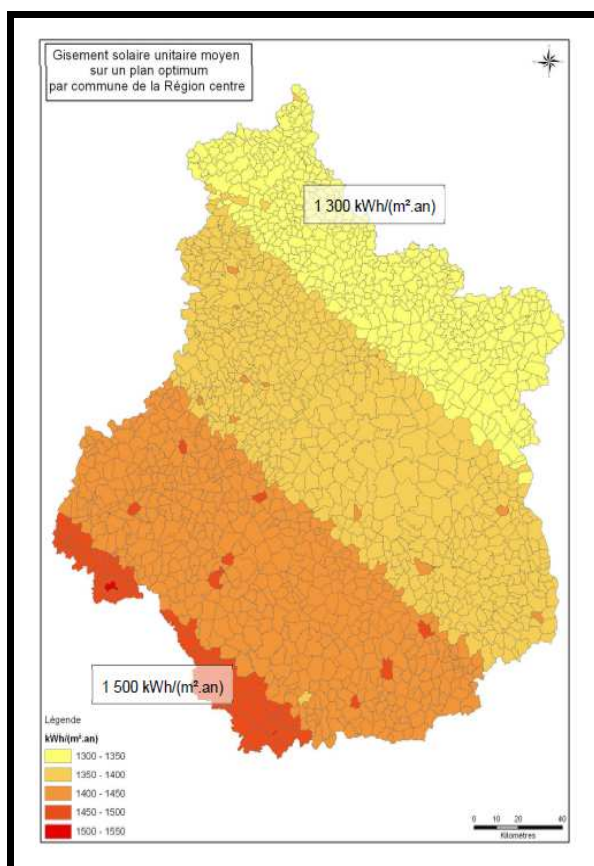


Les données pour l'évaluation du gisement et du potentiel solaire sont issues de l'étude menée sur la région par le bureau d'études SO-GREAH.

En région Centre, le gradient d'irradiation est orienté selon un axe Sud-Ouest / Nord-Est et évolue de 1.500 kWh/(m<sup>2</sup>.an) au Sud-Ouest de l'Indre et de l'Indre-et-Loire à 1.300 kWh/(m<sup>2</sup>.an) au Nord du département de l'Eure-et-Loir et du Loiret. Au niveau régional l'écart est donc relativement faible.

Le relief de la région Centre est suffisamment faible (inférieur à 500 m et peu de variations fortes) pour que son effet soit pratiquement effacé par le calcul de la moyenne à l'échelle de chaque commune.

#### □ Gisement solaire moyen sur un plan optimum par commune de la région



Source : SOGREAH

Par département, le gisement unitaire moyen varie de 950 à 1.040 kWh/(m<sup>2</sup>.an) au sol, et de 1.340 à 1.430 kWh/(m<sup>2</sup>.an) à inclinaison et orientation optimales des panneaux. L'écart entre les départements est donc là encore relativement faible.

Au niveau régional, les ordres de grandeur de 1.000 kWh/(m<sup>2</sup>.an) et 1.400 kWh/(m<sup>2</sup>.an) respectivement pour l'irradiation au sol et à inclinaison optimale peuvent être retenus et appliqués sur l'ensemble de la Région.

À l'échelle nationale, la région fait partie des régions françaises bénéficiant d'un ensoleillement moyen.

### **VI.3.2 L'étude des potentialités en installations solaires**

Le potentiel solaire brut est défini par la partie du gisement potentiellement exploitable, prenant en compte les contraintes fortes de faisabilité technico-économiques liées à la réalisation du système, les rendements de récupération de l'énergie solaire, ainsi que les contraintes fortes environnementales et sociales pouvant limiter son exploitabilité effective.

En revanche, le potentiel solaire brut ne prend pas en compte la capacité de déploiement des installations sur le territoire, ni les développements des autres sources d'énergie (renouvelables et fossiles) et plus largement le facteur temps.

Ainsi, le potentiel solaire brut a été déterminé par un calcul au niveau communal en trois étapes :

- Description du parc bâti et des surfaces au sol ;
- Estimation des surfaces disponibles et des besoins ;
- Estimation du potentiel.

Deux types d'installations sont à considérer :

- Au sol ;
- Sur toiture.

Deux types d'usages :

- Production d'électricité ;
- Production de chaleur pour l'eau chaude sanitaire, le chauffage, l'industrie. Le chauffage n'est pas traité par le document.

Les capteurs solaires thermiques et photovoltaïques sont susceptibles d'être installés sur les mêmes espaces. Un conflit d'usage de l'espace existe. Aussi, les taux de priorité du solaire thermique sur le photovoltaïque retenus sont donnés dans le tableau suivant :

#### **□ Taux de priorité du solaire thermique sur le photovoltaïque**

	<b>Milieu résidentiel / tertiaire</b>	<b>Milieu industriel / tertiaire</b>	<b>Milieu agricole</b>
<b>Au sol</b>	-	<b>70%</b>	<b>70%</b>
<b>En toiture</b>	<b>70%</b>	<b>50%</b>	<b>10%</b>

Source : SOGREAH

Afin de ne pas effectuer un double comptage de l'espace disponible, il a été décidé que 70% des toitures en milieu résidentiel et tertiaire seraient affectés à l'exploitation de la ressource solaire thermique prioritairement au solaire photovoltaïque.

### **VI.3.3 Les centrales au sol**

#### **VI.3.3.1 Les centrales photovoltaïques au sol**

Les terrains potentiels se répartissent en deux grandes catégories selon leur occupation : agricole et industriel/tertiaire.

Par principe issu de la circulaire du 18 décembre 2009 relative au développement et au contrôle des centrales photovoltaïques au sol et retenu par l'État et la Région, les espaces utilisés pour une activité agricole ou d'élevage ne peuvent pas être l'objet d'une installation solaire au sol. Ils sont exclus du bilan et ne sont retenus que les terrains peu propices à l'agriculture.

En outre, la détermination des surfaces effectivement mobilisables pour un usage d'exploitation solaire doit tenir compte des ratios d'exploitabilité des terrains (surface effectivement exploitable sur surface totale) et de l'ensemble des contraintes liées à l'impact d'une installation d'un parc solaire sur l'environnement et sur l'usage des sols, de la faisabilité technique d'une installation sur ce type de sol.

Au niveau régional, le potentiel brut de surface de terrains exploitables pour le solaire photovoltaïque est estimé à 11 km<sup>2</sup>.

Le potentiel de surfaces exploitables en milieu agricole est estimé à 8 km<sup>2</sup> soit un peu moins de 80% du potentiel total au sol. Le second secteur concerné par les installations au sol est le secteur industriel / tertiaire pour lequel un potentiel de 2,7 km<sup>2</sup> est évalué.

Exprimé en puissance installée, cela représente un potentiel d'environ 700 MWc au niveau régional.

#### **Qu'est-ce qu'un kWc ?**

Le kilowatt- crête est une unité utilisée pour caractériser les matériaux, panneaux, modules ou installations photovoltaïques. Elle correspond à la puissance fournie dans le cas d'un ensoleillement standard (1.000 W/m<sup>2</sup> à 25°C). Il s'agit de la puissance électrique maximale délivrée par un module ou une installation photovoltaïque pour un ensoleillement de 1.000 W/m<sup>2</sup> à une température de 25°C et sous un éclairage perpendiculaire par rapport au panneau.

1.000.000 kWc = 1 GWc

#### **VI.3.3.2 Les centrales solaires thermiques**

Le dimensionnement des centrales thermiques au sol est effectué par commune en rapportant les besoins calculés à la surface des zones pour lesquelles le besoin est non nul afin d'estimer une densité. Cette densité de besoin est alors comparée à une densité de besoin minimale permettant d'envisager économiquement un réseau de chaleur. Le potentiel est alors calculé comme le minimum entre le besoin à satisfaire et le productible possible étant donnée la surface de terrain exploitable de la commune.

D'autre part, il est tout à fait possible qu'un même bâtiment dispose d'une surface de toiture adaptée à l'installation d'un système solaire thermique et soit à proximité d'un site susceptible d'accueillir un réseau de chaleur. De ce fait, les potentiels solaires thermiques en toiture et au sol ne peuvent s'ajouter. Pour établir les bilans totaux, le productible des centrales thermiques au sol sera considéré en substitution du productible en toiture.

Le potentiel estimé pour la région est de 366.000 m<sup>2</sup> de capteurs pour les centrales thermiques au sol.

#### **VI.3.4 Les installations sur toiture**



Le parc bâti est décomposé en trois catégories : résidentiel, tertiaire et industriel, agriculture. À partir des surfaces des terrains par usage, les surfaces exploitables des bâtiments sont évaluées par l'application de ratios.

##### ***VI.3.4.1 Les installations solaires photovoltaïques sur toiture***

Au niveau régional, le potentiel brut de surface de toiture exploitable pour le solaire photovoltaïque est estimé à 20 km<sup>2</sup>.

Les surfaces exploitables en toiture de bâtiments du secteur résidentiel / tertiaire sont comparables à celles des bâtiments industriel / tertiaire. Ces deux secteurs représentent l'essentiel du potentiel avec 18 km<sup>2</sup> de toitures, le secteur agricole représentant pour sa part 2 km<sup>2</sup>.

Exprimé en puissance installée, cela représente un potentiel d'environ 2,6 GWc au niveau régional.

##### ***VI.3.4.2 Les installations solaires thermiques sur toiture***

Au niveau régional, le potentiel brut de surface de capteurs pour le solaire thermique est estimé à 2,6 million de m<sup>2</sup>.

Le principal secteur concerné par cette ressource est le secteur résidentiel / tertiaire qui totalise au niveau régional un potentiel de près de 2,5 millions de m<sup>2</sup> de capteurs.

## □ Récapitulatif potentiel solaire

		Au sol	En toiture	Total	
<b>Surface de capteurs</b> (en milliers de m <sup>2</sup> )	<b>thermique</b>	<b>366</b>	<b>1804</b>	<b>1804</b>	<b>25229</b>
	<b>photovoltaïque</b>	<b>4948</b>	<b>18476</b>	<b>23425</b>	
<b>Productible annuel</b> (en GWh/an)	<b>thermique</b>	<b>209</b>	<b>839</b>	<b>839</b>	<b>4117</b>
	<b>photovoltaïque</b>	<b>735</b>	<b>2543</b>	<b>3278</b>	

Source : SOGREAH

## VI.4 Le potentiel de développement de la géothermie

L'ensemble des technologies de géothermie susceptibles d'être exploitées en région Centre, pour un usage collectif et tertiaire, doit être considéré pour évaluer le potentiel global :

- la géothermie très basse énergie :
  - utilisation des aquifères superficiels couplés avec une PAC
  - développement de champs de sondes géothermiques (utilisation d'une PAC également)
- la géothermie basse énergie : utilisation des aquifères « profonds » du Dogger et du Trias pour alimenter des réseaux de chaleur urbains.

*Une valeur de potentiel est donnée pour ces trois filières. Cependant, il faudra noter que le niveau de connaissances de ces ressources est très différent (remarque particulièrement vraie pour les aquifères profonds, par rapport au niveau de connaissance sur les aquifères superficiels).*

L'étude du potentiel de développement de la géothermie doit se faire en comparant, de manière géolocalisée, les ressources géothermales aux besoins thermiques des utilisateurs en surface.

Le principe de la méthodologie développée **pour les aquifères superficiels** est de comparer les ressources géothermales (présence d'un ou deux aquifères superposés) avec les besoins thermiques de surface, à l'échelle d'une maille de travail infra-communale, tout en prenant en compte les différentes contraintes techniques, réglementaires et économiques, pouvant limiter la mise en place d'une opération.

L'objectif est ainsi de déterminer quelle part des besoins de chaleur peut être satisfaite par un des aquifères superficiels, et d'en déduire ainsi une valeur de potentiel.

Le tableau suivant présente les potentiels, exprimés en ktep, de développement de la géothermie sur aquifères superficiels par département, en prenant en compte l'ensemble des contraintes. Il exprime enfin le taux de couverture des besoins de chaleur par géothermie en pourcentage des consommations énergétiques totales estimées. Selon les hypothèses retenues dans le cadre de l'étude, le tableau s'appuie sur deux scénarios de surface habitable et de ratio de consommation (scénarios de 50 kWh/m<sup>2</sup> et 200 kWh/m<sup>2</sup>).

Les débit\_min et débit\_max correspondent à des probabilités d'obtenir, respectivement à 75% et 50% ce débit à partir des ressources aquifères (comme défini dans l'atlas des aquifères superficiels disponible sur le site « [geothermie-perspectives.fr](http://geothermie-perspectives.fr) »).

Résultats de potentiel en ktep		Consommations énergétiques totales	Avec l'ensemble des contraintes		Pourcentage global de couverture par géothermie des besoins estimés	
Scénario	Département		Débit_min	Débit_max	Débit_min	Débit_max
50 kWh/m <sup>2</sup>	18	213	65	117	31%	55%
	28	228	78	127	34%	56%
	36	287	78	132	27%	46%
	37	357	53	113	15%	32%
	41	198	71	110	36%	55%
	45	273	103	159	38%	58%
	<b>Ensemble (région)</b>	<b>1558</b>	<b>448</b>	<b>758</b>	<b>29%</b>	<b>49%</b>
200 kWh/m <sup>2</sup>	18	853	245	451	29%	53%
	28	913	247	452	27%	50%
	36	1149	255	484	22%	42%
	37	1430	187	401	13%	28%
	41	794	261	428	33%	54%
	45	1093	362	607	33%	56%
	<b>Ensemble (région)</b>	<b>6232</b>	<b>1558</b>	<b>2823</b>	<b>25%</b>	<b>45,00%</b>

Le potentiel des **sondes géothermiques verticales** se déduit quant à lui du potentiel des aquifères superficiels, à la même échelle de travail :

- Pour les superficies de bâtiments inférieures à 5000 m<sup>2</sup>
- Pour les mailles sur lesquelles il n'y a pas de potentiel sur aquifères superficiels (soit parce qu'il n'y a pas d'aquifères, pas d'aquifères qui permettent de satisfaire au moins 50% des besoins en puissance ou parce que la surface à chauffer est inférieure à 100 m<sup>2</sup>).
- Pour les mailles sur lesquelles il n'y a pas de contraintes de forages.

Le tableau suivant présente les résultats pour les deux mêmes scénarios. Cependant, le potentiel des sondes géothermiques peut être beaucoup plus important pour d'autres hypothèses puisque, dans un certain nombre de zones géographiques, les 2 formes de géothermie (sur aquifères et sur sondes géothermiques) sont possibles.

Résultats de potentiel en ktep		Potentiel pour les SGV	Potentiel relatif par rapport aux solutions sur aquifères superficiels
Scénario	Département		
50 kWh/m <sup>2</sup>	18	31	47%
	28	19	25%
	36	41	52%
	37	54	103%
	41	28	39%
	45	33	32%
	<b>Ensemble (région)</b>	<b>206</b>	<b>46%</b>
200 kWh/m <sup>2</sup>	18	97	40%
	28	69	28%
	36	165	65%
	37	243	130%
	41	89	34%
	45	91	25%
	<b>Ensemble (région)</b>	<b>754</b>	<b>48%</b>

En ce qui concerne l'**identification de réseaux de chaleur**, ont été sélectionnés uniquement les réseaux existant actuellement en région Centre sans informations suffisantes sur d'éventuels nouveaux réseaux pouvant être créés.

Parmi ceux-ci :

(1) correspond à 2 des trois réseaux de **Montargis, Fleury-les-Aubrais, Orléans Centre-Ville Nord** qui se trouvent sur des zones réputées favorables des aquifères profonds du Dogger et du Trias. Par ailleurs, ces réseaux utilisent 100 % de gaz et de fioul avec au moins 78 % de gaz. Toutefois, ils sont tous les trois dotés d'une centrale de cogénération, ce qui est a priori préjudiciable à l'utilisation de la géothermie ;

(2) correspond aux trois réseaux précédents auxquels a été ajouté le réseau de **Vierzon** qui se trouve sur une zone un peu moins favorable du seul aquifère du Trias. Il utilise également 100 % de gaz et de fuel avec 86 % de gaz. Il est également doté d'une centrale de cogénération.

Les réseaux alimentés à plus de 55 % par de la biomasse ou l'incinération d'ordures ménagères (Blois et Vineuil) ont été systématiquement éliminés.

Le tableau récapitulatif suivant présente donc le potentiel de développement de la géothermie, en se basant sur les deux scénarios les plus extrêmes (prise en compte du scénario 50 kWh/m<sup>2</sup> et débit\_min, dit « scénario bas de valorisation » et du scénario 200 kWh/m<sup>2</sup> et débit\_max « scénario haut de valorisation »).

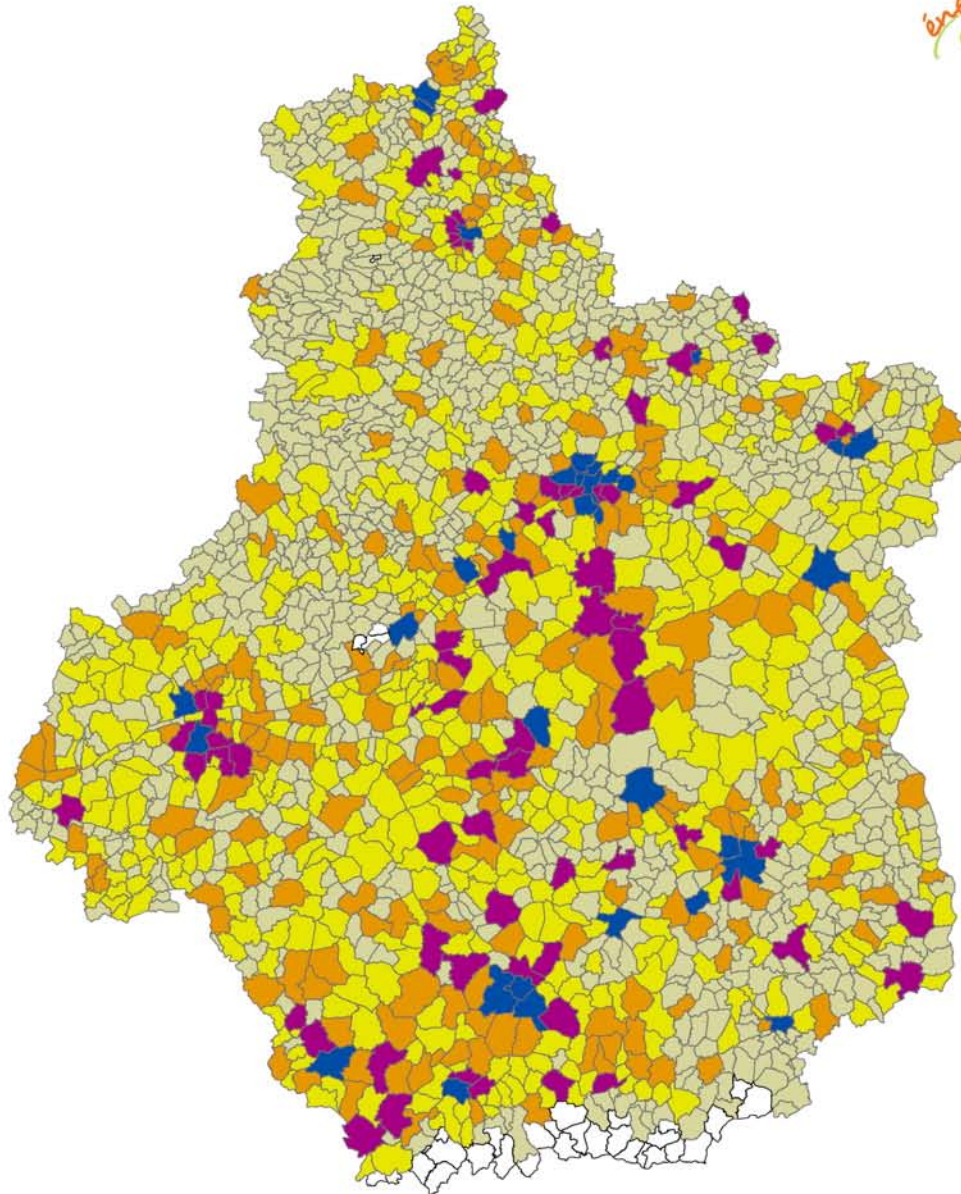


		Nombre	tep substituées	Gain en énergie primaire (MWh <sub>ep</sub> )	Tonnes de CO <sub>2</sub> évitées annuellement
<b>Scénario bas de valorisation</b>					
Opérations très basse énergie	Sur nappes		447937	1 947 840	815 910
	Sur sondes		205741	894 658	374 754
Réseaux de chaleur (1)		2	5600	61600	13120
<b>Total</b>			<b>653678</b>	<b>2842497</b>	<b>1190664</b>
<b>Scénario haut de valorisation</b>					
Opérations très basse énergie	Sur nappes		2823123	12 276 262	5 142 274
	Sur sondes		753852	3 278 099	1 373 128
Réseaux de chaleur (2)		4	11200	123 200	26 240
<b>Total</b>			<b>3588175</b>	<b>1 567 7561</b>	<b>654164</b>

Enfin, il existe un potentiel difficilement chiffrable de manière distincte encore aujourd'hui mais qui recoupe en partie le potentiel sur aquifères superficiels et sur sondes :

- les micro-réseaux de chaleur, principalement pour les nouveaux aménagements,
- les corbeilles géothermiques particulièrement adaptées pour le collectif et tertiaire.







Cependant, il convient de prendre en compte dans le développement de la géothermie sur nappe, les risques pour la ressource en eau potable liés aux éventuelles pollutions par fluide caloporteur ainsi la modification de la température pouvant engendrer des modifications physico-chimiques.



### Légende

#### Potentiel sur aquifères superficiels

##### Scénario : 50 kWh/m<sup>2</sup> et débit probable (débit\_max)

-  Pas de potentiel sur aquifère superficiel
-  < 300 tep
-  entre 300 et 600 tep
-  entre 600 et 1000 tep
-  entre 1000 et 2000 tep
-  supérieur à 2000 tep



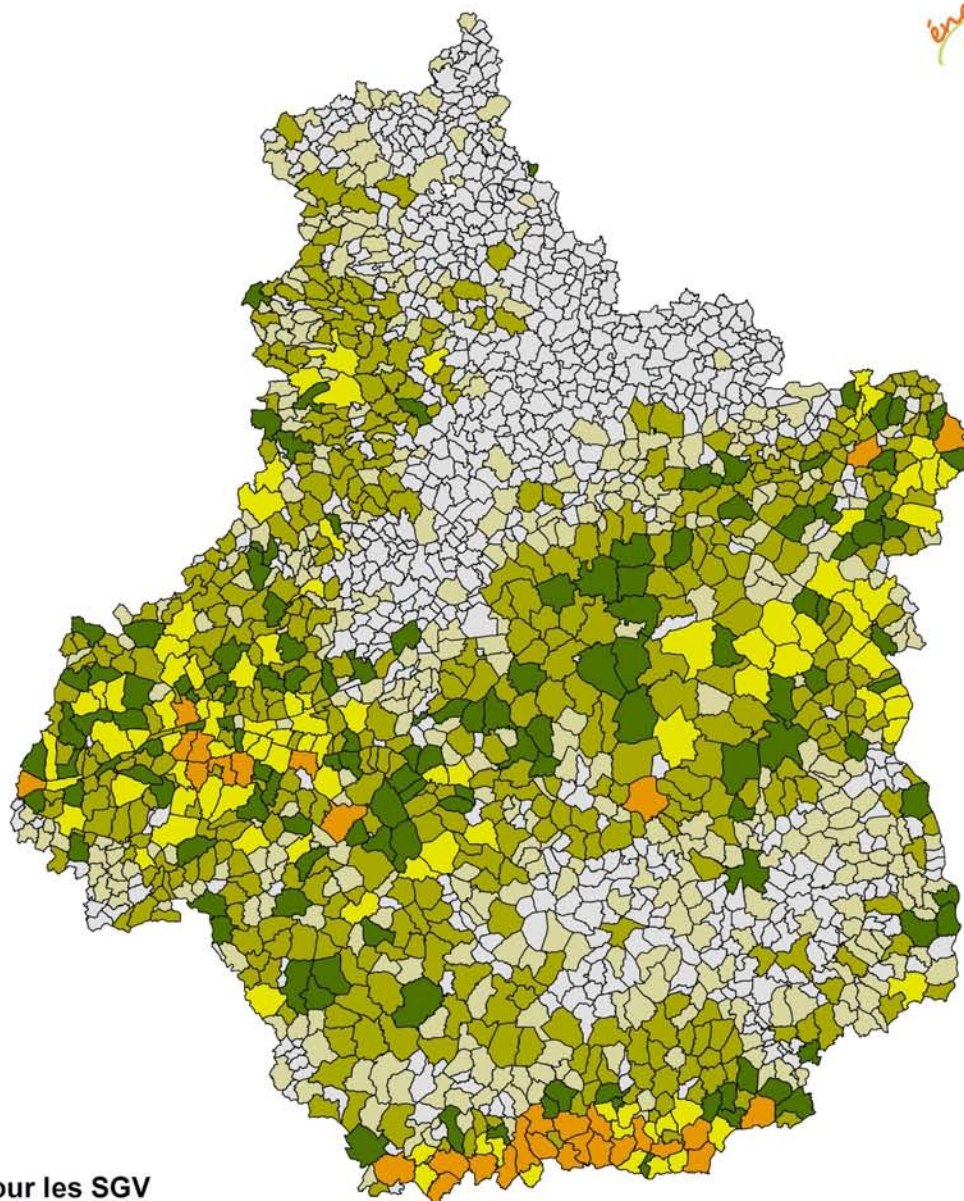
1:1 500 000

Realisation : Plan de développement de la géothermie  
en région Centre/Rapport BRGM/RP-60336-FR  
Date: Janvier 2012

Commanditaires: ADEME Centre - Conseil Régional Centre - DREAL Centre

Source de données :  
Atlas Géothermique BRGM  
BD-Topo, IGN, 2011  
Limites communales, BDCARTO, IGN, 2011

Système de coordonnées :  
Lambert 2 étendu  
Ellipsoïde Clarke 1880



### Légende

#### Potentiel pour les SGV

Scénario : 50 kWh/m<sup>2</sup>

- Pas de potentiel identifié
- inférieur à 50 tep
- entre 50 et 100 tep
- entre 100 et 200 tep
- entre 200 et 300 tep
- entre 300 et 600 tep
- supérieur à 600 tep



1:1 500 000

Realisation : Plan de développement de la géothermie  
en région Centre/Rapport BRGM/RP-60336-FR  
Date: Janvier 2012

Source de données :  
Atlas Géothermique BRGM  
BD-Topo, IGN, 2011  
Limites communales, BDCARTO, IGN, 2011

Système de coordonnées :  
Lambert 2 étendu  
Ellipsoïde Clarke 1880

Commanditaires: ADEME Centre - Conseil Régional Centre - DREAL Centre

## **VI.5 L'énergie hydraulique**

Les études menées au niveau du bassin Loire Bretagne ou par l'Union Française de l'Énergie montrent que la région Centre n'a qu'un potentiel très modeste, du fait de pentes faibles, d'étiages longs et marqués, et de l'importance des cours d'eau de faible débit, donc ne permettant que des puissances limitées.

Même en se cantonnant aux ouvrages de moulins existants, l'état général du génie civil rend très souvent la rentabilité négative.

Aucune augmentation de production n'est attendue de ce côté.

## **VII. Les scénarios pour 2020 et 2050**

### **VII.1 Le cadre de la prospective**

### **VII.2 Les perspectives pour 2020 et 2050**

## VII.1 Le cadre de la prospective

Dans son article 2, la loi Grenelle confirme « l'engagement de la France à diviser par quatre ses émissions de Gaz à Effet de Serre entre 1990 et 2050, en réduisant de 3% par an en moyenne, les rejets de GES dans l'atmosphère, afin de ramener à cette échéance ses émissions annuelles de GES à un niveau inférieur à 140 millions de tonnes équivalent dioxyde de carbone. ».

A l'échelle de la région Centre, où le niveau d'émissions est d'environ 20 millions de tonnes, cela conduit à un objectif d'environ 5 millions de tonnes de GES émis chaque année au maximum.

Dans cette même loi, qui fixe les obligations minimales du SRCAE, la France souhaite prendre toute sa part à l'objectif intermédiaire de réduction des émissions de GES de 20% à l'horizon 2020, cet objectif minimal étant porté à 30% si des accords internationaux permettent de partager un objectif plus important.

On doit remarquer que cet objectif intermédiaire de réduction de 20% à l'horizon 2020, nous met dans une trajectoire qui laissera l'effort principal à nos enfants.

C'est pourquoi, en rédigeant le Plan Climat Régional, les élus régionaux ont proposé un effort plus important pour les années à venir, correspondant à une réduction d'environ 3% chaque année, ce qui représente le même niveau d'effort que celui qui sera demandé à nos enfants entre 2020 et 2050.

Si l'objectif de réduction de 20% est minimal, l'objectif de 40% serait de ce fait plus responsable vis-à-vis des générations futures. Il est clair aussi que dans un monde globalisé, il est à la fois nécessaire de prendre notre part à l'effort indispensable de réduction des GES, et aussi de pousser les responsables politiques des autres pays, en particulier dans les économies émergentes, à mieux prendre en considération l'impact environnemental de leur système productif. Les efforts de la France et de l'Europe, au dernier sommet de Durban, visaient un objectif de réduction de 30%, comme le préconise la loi Grenelle.

S'il est légitime de se soucier de la compétitivité relative de notre économie, et donc de regarder avec attention les contraintes que nous imposons à nos entreprises, il est aussi important de regarder les opportunités économiques qui peuvent résulter d'une anticipation sur les marchés et les produits dans ce domaine. L'économie allemande, qui s'est investie beaucoup plus fortement que nous dans les énergies renouvelables, en a tiré une croissance de ses industries et de ses emplois.

Trois considérations apparaissent particulièrement importantes.

La première est la nécessité de réduire significativement les consommations d'énergie pour atteindre les objectifs fixés.

La deuxième est de constater que le premier secteur dans lequel les économies d'énergies sont à réaliser est celui du bâtiment. L'essentiel des consommations d'énergies est consacrée au chauffage, et au regard des systèmes actuels de chauffage, c'est aussi le premier secteur de production de GES. L'objectif national est de diminuer de 38% la consommation d'énergie sur ce secteur, objectif également proposé en région Centre.

Atteindre cet objectif ne se fera pas sans un effort très important en matière de réhabilitation énergétique des bâtiments ni sans une modification des comportements.

La troisième est de conforter l'ambition de constituer en région Centre un pôle européen sur les énergies. C'est en effet dans ce secteur que la région dispose de la plus grande concentration de chercheurs (environ 2.000 chercheurs dans les laboratoires des Universités,

du CNRS, du CEA et du BRGM). Le pôle de compétitivité Sciences et Systèmes de l'Énergie Électrique, les plates-formes d'innovation régionales CERTEM, Géothermie, Greenerbat, proposent des démarches fédératives de formation et de création de produits qui doivent nous mettre en pôle position en France et en Europe. Les politiques déployées par l'État et la Région contribuent au renforcement des filières et à l'émergence d'une demande d'audits puis d'investissements par les particuliers et par les collectivités.

L'ambition régionale doit être située en pleine cohérence avec les objectifs minimaux proposés au niveau national, et susciter le renforcement, le déploiement, le développement d'emplois et d'activités économiques en région Centre.

Cette ambition régionale s'inscrit parfaitement dans l'objectif de la loi Grenelle qui vise à faire de la France l'économie la plus efficiente en équivalent carbone de la Communauté européenne d'ici à 2020.

## **VII.2 Les perspectives pour 2020 et 2050**

Il est clair que notre société doit aller vers plus de sobriété dans l'utilisation des ressources naturelles, en particulier les énergies fossiles. Puisqu'il n'existe pas, pour l'heure, d'énergie qui n'ait pas d'inconvénients, le plus raisonnable est d'en consommer beaucoup moins.

Le chauffage (ou le refroidissement l'été) des bâtiments est le thème sur lequel l'effort majeur doit être réalisé.

Le premier objectif passe par la construction de bâtiments qui ne consomment pas d'énergie en dehors de celle qu'ils produisent à travers des processus renouvelables.

Il s'agit également de rénover le bâti existant afin de réduire de 38% la consommation d'énergie de ce secteur avant 2020. Cela induit de conduire des actions de rénovation qui mettront les bâtiments rénovés à un niveau de consommation systématiquement et directement inférieur à 50 kWh/m<sup>2</sup>/an. En parallèle, les systèmes de chauffage doivent être modifiés partout où cela est possible en substituant des énergies renouvelables aux systèmes de chauffage électrique et au fioul. Les bâtiments construits entre 1945 et 1970 seront prioritaires.

Ces deux sous-objectifs sont la clé de l'ambition régionale en matière de réduction de la consommation d'énergie. Ils supposent un effort immense de formation des professionnels, de mobilisation financière, de concentration des incitations publiques.

Le deuxième objectif est de modifier les pratiques de mobilité. Dans un monde où la nécessité d'interagir avec des partenaires éloignés s'est imposée, et où la liberté de se déplacer est une conquête et un progrès, il s'agit de considérer l'utilité réelle de chaque déplacement (pourquoi, comment), et d'arbitrer sans mettre en cause la qualité de vie des habitants. Déjà, le rapport à la voiture s'est modifié, et ne constitue plus vraiment un marqueur de réussite sociale. Mais l'offre de transport (marche à pieds, vélo, auto-partage, co-voiturage, bus, tram, train) reste souvent insuffisante, tandis que l'offre de non-transport (visio-conférence, formation à distance, e-administration) n'est pas encore totalement entrée dans les usages. De manière plus globale, la réflexion sur les causes de transports éloignés fréquents, ne constitue pas suffisamment un repère pour ceux qui décident de l'urbanisme et de la localisation des fonctions urbaines. Des ruptures d'usage, des évolutions de pratiques sociales seront nécessaires.

Le troisième objectif va consister à modifier les modes de production afin qu'ils nécessitent moins d'énergie et émettent moins de GES. Il s'agit bien d'optimiser les capacités industrielles et agricoles, afin d'aller vers une transition écologique de l'économie régionale, sobre en ressources naturelles et en énergie. Ainsi, l'éco-conception des produits doit permettre une

forte diminution des usages de « l'électricité spécifique », en réduisant les systèmes de veille inutiles, en étant extrêmement attentif aux effets calorifiques des systèmes utilisant de l'électricité (informatique, électronique domestique et professionnelle).

Le quatrième objectif porte sur le développement de l'ensemble des énergies renouvelables en tenant compte des spécificités de la région Centre. En dehors du potentiel d'énergie hydraulique, qui peut être considéré comme totalement exploité, toutes les autres énergies renouvelables peuvent être déployées :

- Le relief plat de la région est favorable au développement des éoliennes. Après avoir été parmi les premières régions, en nombre d'éoliennes et en puissance, la région Centre a marqué le pas. Le Schéma Régional Éolien, qui est partie intégrante du SRCAE, laisse la possibilité de multiplier par 5 la puissance livrée à l'horizon 2020 (de 550 MW à 2600), avec des machines plus puissantes.
- Le couvert forestier occupe une part importante du territoire, et un équilibre dans l'exploitation et les usages du bois doit être trouvé. Une diminution de la consommation d'énergie pour le chauffage doit résulter des efforts consentis pour isoler les logements. Pour la part restante, le bois-énergie offre une solution adaptée. L'accroissement des masses de bois consacrées au bois énergie en 2050, en étant attentif à la cohérence territoriale des productions et des consommations, constitue un objectif ambitieux mais réaliste. En revanche le brûlage de la paille, qui doit être préférentiellement valorisée directement sur les terres dans le cycle agronomique, ou servir à l'éco-construction, n'est pas une hypothèse encouragée.
- Le potentiel géothermique régional a été mis en valeur par les études du BRGM. Qu'il s'agisse du potentiel superficiel ou profond, basse ou haute température, sur nappe ou sur sonde, la région Centre doit être en pointe pour le développement des usages respectueux de l'environnement. C'est dans ce domaine que les efforts de structuration de l'offre professionnelle et de sensibilisation et d'incitation des collectivités et des particuliers doivent être les plus significatifs.
- La région Centre n'a pas un potentiel solaire exceptionnel, mais toutes les opportunités domestiques d'utilisation du solaire thermique doivent être favorisées, de même que les possibilités d'installation de panneaux photovoltaïques sur toits. Les progrès de la technique et le rendement des cellules devront permettre un meilleur bilan énergétique global.
- La méthanisation est un procédé relativement sous-utilisé en région Centre compte-tenu des masses de déchets potentiellement disponibles, qu'il s'agisse de déchets ménagers ou de déchets agricoles et agro-alimentaires. Des investissements lourds et une chaîne logistique complète sont nécessaires pour optimiser ce potentiel. Les expérimentations réalisées dans le milieu agricole devraient susciter de nouveaux projets dans les années à venir.

Le cinquième objectif, plus sociétal, consiste à informer et former les habitants car il est certain que les enjeux d'une telle transition énergétique impliquent des prises de conscience et une appropriation par la grande majorité des citoyens. Cette transition s'inscrit dans un nouveau modèle de développement, qui doit modifier les priorités d'investissement public, susciter des investissements privés, et finalement mettre en question de nombreuses habitudes de vie.



## Quelques chiffres pour traduire ces ambitions :

### ● Les ENR en région Centre

	En 2008	En 2020		En 2050
	Production en ktep	Production en ktep	Ordre de grandeur des gains en émissions de GES en kteqCO <sub>2</sub>	Production en ktep
Bois-énergie	354	650	900	700
Méthanisation	5	80	300	300
Éolien	54	560	600	900
Géothermie	5	120	200	600
Solaire thermique	1	23	40	100
Solaire photovoltaïque	0,1	25	30	200
Hydraulique	12	12		12

Total	434 ktep	1470 ktep	2.070 kteqCO <sub>2</sub>	~2.800 ktep
-------	----------	-----------	---------------------------	-------------

### ● La consommation d'énergie en région Centre

	En 2008	En 2020		En 2050
	Consommation en ktep	Consommation en ktep	Ordre de grandeur des gains en émissions de GES en kteqCO <sub>2</sub>	Consommation en ktep
Bâtiment	2.926	2.080	1.600	800
Transports	2.127	1.730	1.200	1.500
Économie	1.361	1.190	350	800

Total	6.414 ktep	5.000 ktep	3.150 kteqCO <sub>2</sub>	~3.100 ktep
-------	------------	------------	---------------------------	-------------

### ● Les émissions de GES en région Centre

	En 2008	Objectif 2020		Objectif 2050
	Émissions de GES en kteqCO <sub>2</sub>		Émissions de GES en kteqCO <sub>2</sub>	Émissions de GES en kteqCO <sub>2</sub>
Bâtiment	5.746	Mini -38% Maxi - 43%	3.562 3.275	600
Transports	6.629	Mini -20% Maxi - 40%	5.303 3.977	2.000
Économie	10.920	Mini -15% Maxi - 30%	9.282 7.644	3.200

Total	23.390 kteqCO <sub>2</sub>	<b>Mini -22,4%</b> <b>Maxi -36,3%</b>	~18.150 kteqCO <sub>2</sub> ~14.900 kteqCO <sub>2</sub>	~5.800 kteqCO <sub>2</sub>
-------	----------------------------	--	--	----------------------------