



*Liberté • Égalité • Fraternité*

**RÉPUBLIQUE FRANÇAISE**

PRÉFECTURE DE LA RÉGION CENTRE



# PLAN REGIONAL POUR LA QUALITE DE L'AIR

**Pour que chacun  
puisse respirer un  
air qui ne nuise pas  
à sa santé**



**PLAN RÉGIONAL  
POUR LA QUALITÉ  
DE L'AIR  
EN RÉGION CENTRE**

-----

**PARTIE I  
ETAT DES LIEUX**

-----

## SOMMAIRE DE LA PARTIE I

SOMMAIRE DE LA PARTIE I .....	2
LES CONNAISSANCES GENERALES .....	6
A/ DEFINITIONS .....	6
A.1 - L'air et l'atmosphère .....	6
A.2 - La pollution atmosphérique .....	7
A.2.1 - La pollution atmosphérique .....	7
A.2.2 - Les indicateurs de la pollution atmosphérique .....	7
A.2.3 - Le cycle des polluants .....	7
A.2.4 - Les échelles spatiales .....	9
B/ CARACTERISTIQUES DES PRINCIPAUX POLLUANTS .....	11
B.1 - Le dioxyde de soufre (SO <sub>2</sub> ) .....	11
B.2 - Les oxydes d'azote (NO <sub>x</sub> ) .....	11
B.3 - Les particules en suspension .....	12
B.4 - L'ozone (O <sub>3</sub> ) .....	12
B.5 - Le monoxyde de carbone (CO) .....	13
B.6 - Le plomb .....	13
B.7 - Les Composés Organiques Volatils (COVNM) .....	14
B.7.1 - Les hydrocarbures .....	15
B.7.2 - Le benzène .....	15
B.7.3 - Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) .....	15
B.8 - Les dioxines et furannes .....	15
B.9 - Les polluants agricoles .....	16
B.9.1 - L'ammoniac .....	16
B.9.2 - Les produits phytosanitaires dans les eaux de pluie .....	16
B.10 - Les pollens .....	17
B.11 - D'autres polluants .....	17
B.12 - L'amiante .....	17
B.13 - Le radon .....	18
B.14 - Les gaz à effet de serre .....	18
B.15 - La fumée de tabac .....	19
C/ LES EFFETS SUR LA SANTE .....	19
C.1 - Introduction .....	19
C.2 - La relation pollution atmosphérique-santé .....	19
C.2.1 - Les effets à courts et à longs termes .....	19
C.2.2 - Les différents types d'études .....	20
C.2.3 - Les difficultés d'une relation de causalité .....	22
C.3 - Effets sur la santé : approche par polluant .....	23
C.3.1 - Dioxyde de soufre (SO <sub>2</sub> ) ou Anhydride sulfureux .....	24
C.3.2 - Le dioxyde d'azote (NO <sub>2</sub> ) .....	26
C.3.3 - Les particules en suspension .....	29
C.3.4 - L'ozone (O <sub>3</sub> ) et autres polluants photochimiques .....	33
C.3.5 - Le monoxyde de carbone (CO) .....	35
C.3.6 - Le plomb (Pb) .....	37
C.3.7 - Les hydrocarbures .....	37
C.3.8 - Les dioxines et les furannes .....	39
C.3.9 - L'ammoniac .....	40
C.3.10 - Les phytosanitaires .....	42
C.3.11 - Les pollens .....	42
C.3.12 - Autres polluants .....	43
C.3.13 - Le monoxyde de carbone en milieu clos .....	44
C.3.14 - L'amiante .....	44
C.3.15 - Le radon .....	46
C.3.16 - Les bio-contaminants .....	46
C.3.17 - La fumée de tabac .....	46
C.4 - Effets sur la santé – approche par pathologie .....	47
C.4.1 - Le choix des indicateurs de santé .....	47
C.4.2 - Les différentes pathologies associées à la pollution atmosphérique .....	47
C.5 - Conclusion .....	51
D/ LES EFFETS SUR LES CONDITIONS DE VIE .....	53

<i>D.1 - Les nuisances olfactives</i> .....	53
D.1.1 - Les sources de nuisances olfactives.....	53
D.1.2 - Caractérisation des nuisances olfactives.....	54
E/ LES EFFETS SUR L'ENVIRONNEMENT ET LE PATRIMOINE BÂTI .....	55
<i>E.1 - Impacts sur le patrimoine naturel et les activités rurales</i> .....	55
E.1.1 - Généralités .....	55
E.1.2 - Forêts et pollution atmosphérique.....	58
E.1.3 - Les effets sur la végétation semi-naturelle .....	65
E.1.4 - Les effets sur les cultures.....	67
E.1.5 - Les effets sur l'eau, modification de pH, acidification des lacs .....	70
E.1.6 - Les effets sur les sols .....	71
E.1.7 - Les effets sur les animaux.....	71
<i>E.2 - Impacts des polluants sur les matériaux du patrimoine bâti</i> .....	74
E.2.1 - Polluants à considérer .....	74
E.2.2 - Les effets sur le patrimoine bâti.....	74
E.2.3 - Cibles identifiées.....	75
E.2.4 - Effets des polluants sur les cibles.....	75
F/ LE CADRE REGLEMENTAIRE .....	78
<i>F.1 - Le livre II, titre II du Code de l'environnement (ex. loi sur l'air)</i> .....	78
F.1.1 - Les évolutions législatives .....	78
F.1.2 - Le contenu du titre II.....	79
F.1.3 - Le plan régional pour la qualité de l'air .....	80
<i>F.2 - La qualité de l'air ambiant</i> .....	81
<i>F.3 - Les combustibles et carburants</i> .....	81
F.3.1 - Les combustibles.....	82
F.3.2 - Les carburants .....	82
<i>F.4 - Les sources mobiles : les véhicules</i> .....	83
<i>F.5 - Les sources fixes : les installations industrielles</i> .....	84
<i>F.6 - La réglementation locale</i> .....	85
F.6.1 - Les mesures d'urgence en cas de pics de pollution atmosphérique.....	85
G/ LES TECHNIQUES DE DEPOLLUTION DES EMISSIONS DES SOURCES FIXES .....	86
<i>G.1 - Polluants issus de la combustion</i> .....	86
<i>G.2 - Polluants issus de procédés de fabrication</i> .....	87
LA SITUATION EN REGION CENTRE .....	89
A/ LA REGION CENTRE .....	89
<i>A.1 - La géographie</i> .....	89
<i>A.2 - Le climat</i> .....	89
<i>A.3 - La population</i> .....	90
<i>A.4 - L'activité économique</i> .....	91
<i>A.5 - L'agriculture</i> .....	92
<i>A.6 - L'industrie</i> .....	94
<i>A.7 - L'artisanat</i> .....	96
<i>A.8 - L'énergie</i> .....	97
<i>A.9 - Les voies de communication</i> .....	98
A.9.1 - Le mode routier .....	98
A.9.2 - Le mode ferroviaire.....	100
A.9.3 - Le mode aérien.....	100
A.9.4 - Le mode fluvial .....	101
<i>A.10 - Des écosystèmes variés et sensibles</i> .....	101
A.10.1 - Les massifs forestiers .....	101
A.10.2 - Les paysages agricoles .....	102
A.10.3 - Les principales vallées.....	103
A.10.4 - Les zones humides.....	104
A.10.5 - Les espaces à fort intérêt patrimonial .....	105
<i>A.11 - Les espaces bâtis</i> .....	106
A.11.1 - Un patrimoine bâti riche, représentatif des ressources régionales .....	106
A.11.2 - Les espaces verts et de loisirs .....	108
B/ LES ORGANISMES QUI CONTRIBUENT A LA CONNAISSANCE DE LA QUALITE DE L'AIR ET DE SES EFFETS .....	109
<i>B.1 - La surveillance de la qualité de l'air</i> .....	109
B.1.1 - Le Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement .....	109
B.1.2 - L'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME).....	109
B.1.3 - Le Laboratoire central de surveillance de la qualité de l'air (LCSQA).....	110
B.1.4 - Les associations agréées de surveillance de la qualité de l'air .....	110

B.1.5 - Les services de l'Etat .....	111
B.1.6 - Les collectivités locales .....	115
B.1.7 - La surveillance des pollens .....	117
B.1.8 - La recherche .....	117
B.1.9 - La radioactivité .....	117
B.2 - <i>Les effets sur la santé</i> .....	118
B.2.1 - Les études menées en région Centre .....	118
B.3 - <i>Les organismes en région Centre disposant de compétences et/ou d'informations relatives aux effets de la pollution atmosphérique sur la santé</i> .....	119
B.3.1 - Structures nationales et internationales .....	119
B.3.2 - Structures et systèmes extrahospitaliers avec vocation pour la surveillance épidémiologique .....	120
B.3.3 - Structures et systèmes extrahospitaliers sans vocation pour la surveillance épidémiologique .....	123
B.3.4 - Structures hospitalières ayant vocation pour la surveillance épidémiologique .....	124
B.3.5 - Structures hospitalières sans vocation pour la surveillance épidémiologique .....	124
B.4 - <i>Les effets sur le patrimoine bâti</i> .....	124
B.4.1 - Le Laboratoire de Recherches des Monuments Historiques .....	124
B.4.2 - Le Laboratoire de Cristallographie de l'Université d'Orléans .....	125
B.5 - <i>L'Association régionale de surveillance de la qualité de l'air : LIG' AIR</i> .....	126
B.5.1 - Structure de l'association .....	126
B.5.2 - Localisation des sites .....	128
C/ <i>EVALUATION DE LA QUALITE DE L' AIR</i> .....	129
C.1 - <i>Indice de qualité de l' air</i> .....	129
C.2 - <i>Les choix du Plan Régional pour la Qualité de l'Air Centre</i> .....	130
C.2.1 - Les oxydes d'azote .....	131
C.2.2 - Le dioxyde de soufre .....	132
C.2.3 - Les particules en suspension .....	133
C.2.4 - L'ozone .....	133
C.3 - <i>Le monoxyde de carbone</i> .....	135
C.3.1 - Émissions en région Centre .....	135
C.3.2 - Évolution durant ces dernières années .....	135
C.4 - <i>Autres polluants</i> .....	135
C.4.1 - Le plomb .....	135
C.4.2 - Les hydrocarbures aromatiques .....	135
C.4.3 - L'ammoniac .....	135
C.4.4 - Les produits phytopharmaceutiques .....	135
C.5 - <i>Les études menées en région</i> .....	136
C.5.1 - La campagne de mesures par le laboratoire mobile de LIG' AIR .....	136
C.5.2 - Le suivi à long terme des écosystèmes forestiers .....	138
C.5.3 - Le suivi des produits phytosanitaires dans les eaux de pluie par le G.R.E.P.P.P.E.S. ....	139
C.5.4 - Le projet de suivi de la qualité "phytosanitaire" de l'air .....	140
C.5.5 - Les études utilisant des végétaux pour évaluer la qualité de l'air .....	140
C.5.6 - Etude métaux lourds de LIG' AIR .....	143
C.5.7 - Etude composés organiques (benzène) de LIG' AIR .....	144
C.5.8 - Campagne Ozone de l'été 2000 .....	144
C.5.9 - Les actions de sensibilisation .....	144
C.5.10 - Programme Météo France .....	145
C.5.11 - Les recherches sur le patrimoine bâti : la sulfatation des pierres sur la cathédrale de Tours .....	146
D/ <i>L'INVENTAIRE DES EMISSIONS</i> .....	147
D.1 - <i>L'inventaire du CITEPA</i> .....	147
D.1.1 - Présentation de l'inventaire du CITEPA .....	147
D.1.2 - Période étudiée .....	147
D.1.3 - Entités géographiques .....	147
D.1.4 - Types d'émetteurs recensés .....	147
D.1.5 - Méthodologie .....	148
D.1.6 - Limites de l'étude .....	148
D.1.7 - Résultats globaux en région Centre .....	148
D.1.8 - Émissions par secteur d'activité .....	149
D.2 - <i>Comparaison des émissions des principales agglomérations françaises</i> .....	150
D.3 - <i>Emissions du secteur industriel</i> .....	151
D.3.1 - Émissions des établissements soumis à la taxe générale sur les activités polluantes .....	151
D.3.2 - Évolution des rejets des «gros émetteurs» de 1993 à 1999 .....	152
D.3.3 - Émissions de l'ensemble de l'industrie de la région Centre .....	155
D.3.4 - Consommation énergétique des établissements de plus de 20 salariés hors industries agricoles et alimentaires .....	155
D.3.5 - Les émissions par secteur industriel .....	158
D.3.6 - Conclusion - Perspectives .....	158

<i>D.4 - Emissions du secteur agricole</i> .....	159
D.4.1 - L’ammoniac .....	159
D.4.2 - Les phytosanitaires .....	159
D.4.3 - Les émissions de polluants dues à certaines pratiques agricoles .....	162
D.4.4 - Les autres polluants .....	163
<i>D.5 - Emissions du secteur tertiaire et résidentiel</i> .....	164
D.5.1 - Les chiffres clés .....	164
D.5.2 - Les enjeux .....	171
<i>D.6 - Emissions des sources mobiles (transports)</i> .....	176
D.6.1 - Enjeux et chiffres clés au plan national .....	176
D.6.2 - La pollution atmosphérique due aux transports routiers .....	177
D.6.3 - Les évolutions prévisibles .....	180
D.6.4 - Enjeux et chiffres clés au plan régional .....	185
<i>D.7 - Emissions par secteurs géographiques</i> .....	188
<b>E/ L’EVOLUTION DE LA CONSOMMATION ENERGETIQUE REGIONALE</b> .....	190
<i>E.1 - Consommation énergétique</i> .....	190
<i>E.2 - Répartition par type d’énergie</i> .....	192
<i>E.3 - Consommation départementale</i> .....	193
<i>E.4 - Gisement d’énergies renouvelables</i> .....	193
E.4.1 - La biomasse : le bois énergie et la paille.....	193
E.4.2 - Le solaire thermique (actif et passif).....	195
E.4.3 - La valorisation énergétique des déchets.....	196
E.4.4 - La valorisation du bio gaz de décharge et des stations d’épuration.....	197
E.4.5 - Les biocarburants.....	198
E.4.6 - La géothermie et les pompes à chaleur sur eau souterraine.....	199
E.4.7 - La petite hydraulique .....	200
E.4.8 - L’énergie éolienne .....	200
<b>F/ LES ENJEUX SANITAIRES EN REGION CENTRE</b> .....	201
<i>F.1 - La démarche d’évaluation des risques</i> .....	201
<i>F.2 - Pertinence et faisabilité d’une quantification d’impact sanitaire par source de pollution</i> .....	201
F.2.1 - La méthodologie .....	201
F.2.2 - Les résultats .....	202
<i>F.3 - L’identification des personnes et des zones sensibles</i> .....	204
F.3.1 - les enfants .....	205
F.3.2 - les personnes âgées .....	206
F.3.3 - Les personnes atteintes de maladies respiratoires .....	207
<b>G/ LES EFFETS CONSTATES SUR L’ENVIRONNEMENT, LES CONDITIONS DE VIE ET LE PATRIMOINE EN REGION CENTRE</b> .....	211
<i>G.1 - Quelques données indicatrices de l’influence de la qualité de l’air sur la flore</i> .....	211
<i>G.2 - Le manque de données permettant de constater un impact sur la faune</i> .....	211
<i>G.3 - Les nuisances olfactives en région</i> .....	211
<i>G.4 - Le manque d’études permettant d’apprécier les impacts sur le patrimoine bâti</i> .....	211
<i>G.5 - CONCLUSION</i> .....	211
<b>H/ L’INFORMATION DU PUBLIC</b> .....	213
<i>H.1 - La pollution de fond</i> .....	213
H.1.1 - L’information quotidienne régionale.....	213
H.1.2 - L’information périodique .....	214
H.1.3 - L’éducation aux problèmes de pollution .....	214
<i>H.2 - L’information en cas de crise (alerte à la pollution)</i> .....	214

**ORIENTATIONS..... VOIR PARTIE II**

**ANNEXES ..... VOIR PARTIE III**

## LES CONNAISSANCES GENERALES

### A/ DEFINITIONS

#### **A.1 - L'air et l'atmosphère**

L'atmosphère terrestre est constituée d'un mélange gazeux complexe, dénommé air, s'étendant du sol jusqu'à une altitude de l'ordre de 150 km. Sur la base de la structure verticale de la température de cette atmosphère, on distingue conventionnellement quatre couches :

la **troposphère** : du sol à 10 km,  
la température de l'air décroît avec l'altitude ;  
les phénomènes météorologiques sont pratiquement tous observés dans cette région.

la **stratosphère** : de 10 à 50 km,  
la température de l'air augmente en raison de l'absorption du rayonnement solaire par l'ozone ;  
à 50 km d'altitude, la pression est de l'ordre de 1mb (millibars).

la **mésosphère** : de 50 à 80 km,  
la température de l'air décroît à nouveau.

la **thermosphère** : au-delà de 80 km,  
la température décroît constamment ;  
à 150 km d'altitude, la pression est de l'ordre de  $5.10^{-5}$  mb (millibars).

L'air atmosphérique est un mélange complexe de gaz et de particules liquides et solides en suspension. L'**azote** et l'**oxygène** en sont les constituants majoritaires : 78 % en volume pour l'azote et 21 % en volume pour l'oxygène. Le 1 % restant rassemble les **gaz « rares »** [hélium, argon, néon, krypton, radon], la vapeur d'eau, le gaz carbonique, l'hydrogène, l'ozone, les particules solides et liquides en suspension (l'eau sous forme liquide ou solide, poussières fines, cristaux salins, pollens) et les polluants atmosphériques. Il est généralement admis que la composition globale de l'air sec varie très peu jusqu'à 80 km d'altitude : c'est l'**homosphère**.

## **A.2 - La pollution atmosphérique**

### **A.2.1 - La pollution atmosphérique**

Constitue une pollution atmosphérique, au sens du Livre II, titre II du Code de l'environnement (annexe 1), l'introduction par l'homme, directement ou indirectement, dans l'atmosphère et les espaces clos, de substances ayant des conséquences préjudiciables de nature à mettre en danger la santé humaine, à nuire aux ressources biologiques et aux écosystèmes, à influencer sur les changements climatiques, à détériorer les biens matériels, à provoquer des nuisances olfactives excessives.

### **A.2.2 - Les indicateurs de la pollution atmosphérique**

Le terme de pollution atmosphérique est utilisé pour décrire le mélange de substances présentes naturellement ou introduites artificiellement par les activités humaines dans l'air qui, en l'état actuel des connaissances, sont de nature à créer une gêne ou nuire à la santé de la population, à induire des effets néfastes sur les écosystèmes et les matériaux ou modifier les grands équilibres. Tous les polluants ne sont pas mesurés en continu pour des raisons de métrologie, de coût... Ainsi, seuls les polluants les mieux connus sont utilisés comme indicateurs (traceurs) de pollution et représentent, à ce titre, éventuellement leurs effets propres mais aussi ceux de polluants émis ou formés avec eux. Ce sont :

les **oxydes de soufre** et principalement le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>),  
les **oxydes d'azote** (NO<sub>x</sub> comprenant NO et NO<sub>2</sub>),  
le **monoxyde de carbone** (CO),  
l'**ozone** (O<sub>3</sub>),  
le **plomb** (Pb),  
les **particules en suspension** également connues sous le nom de particules ou fumées noires.

Contrairement à d'autres formes de pollution (bruit, eau...), il est très difficile de se soustraire à la pollution atmosphérique : une fois que les polluants sont dans l'air, l'exposition devient difficile à éviter. Si des taux élevés de pollution atmosphérique apparaissent dans une ville, on peut s'attendre à ce qu'une grande partie de la population soit exposée.

### **A.2.3 - Le cycle des polluants**

Dès leur introduction dans l'atmosphère, les polluants primaires sont soumis aux phénomènes de dispersion et de transport sous l'effet des turbulences atmosphériques. Simultanément, le gigantesque réacteur chimique que constitue l'atmosphère va les transformer en polluants secondaires. Les poussières vont plus ou moins adsorber les polluants.

#### **A.2.3.1 - Emissions des polluants**

Les polluants primaires sont directement émis dans l'air ambiant par des **sources naturelles** (volcans, océans, écosystèmes, sols) ou **anthropiques** (industries, transports, agriculture et élevage, activités domestiques). Oxydes de soufre, oxydes d'azote, oxydes de carbone, composés organiques volatils, poussières organiques ou minérales constituent les principales émissions associées aux activités humaines.

#### **A.2.3.2 - Transport et dispersion des polluants**

Les concentrations dans l'air ambiant des polluants primaires sont maximales à proximité des

sources puis tendent à diminuer au fur et à mesure que l'on s'en éloigne sous l'influence du vent, de la pluie et des différences de température, qui participent à leur transport et à leur dispersion. Des facteurs prépondérants telles que les caractéristiques de l'émission (flux émis, altitude et température d'émission), la topographie du site (présence ou non de relief), la climatologie (température et hygrométrie de l'air, vitesse du vent, pression atmosphérique,...), la taille des particules (pour les poussières et les aérosols), influencent le transport. Deux exemples permettent d'illustrer ces propos :

- les éruptions volcaniques à caractère explosif injectent dans la stratosphère des quantités considérables de poussières (et de gaz éruptifs) formant un nuage à même de faire plusieurs fois le tour de la terre (cas du Pinatubo) ;
- les chlorofluorocarbures (CFC), du fait de leur très grande stabilité chimique, ont une durée de vie très élevée et suffisante pour leur permettre d'atteindre la stratosphère dans laquelle ils sont décomposés sous l'action du rayonnement ultraviolet en libérant des atomes d'halogènes actifs lesquels réagissent avec l'ozone (cette réaction forme le fameux « trou » dans la couche d'ozone stratosphérique et empêche l'ozone de jouer son rôle protecteur de filtre des rayonnements ultraviolets solaires).
- Le temps de séjour du polluant dans l'atmosphère dépend de sa capacité à se déposer sous forme sèche (sur le sol, sur les végétaux ou constructions,...) ou humide (lessivage ou dissolution) ou à se transformer chimiquement.
- Des conditions météorologiques particulières, généralement localisées, et le relief peuvent par contre être à l'origine d'une mauvaise diffusion des polluants :
- La retombée de panache se produit par vent établi modéré ou fort en toute saison ;
- L'inversion de température, caractéristique des basses couches de l'atmosphère, s'établit généralement en l'absence de vent et crée un « couvercle thermique » qui favorise l'accumulation des polluants émis.
- Dans les vallées de montagne et sur les côtes, les différences de température entre le sol et l'atmosphère, entre la terre et la mer, sont à l'origine de mouvements alternatifs des masses d'air appelés brises (brise de jour, brise de nuit, brise de terre et brise de mer).

#### A.2.3.3 - Transformation des polluants

Les polluants primaires, selon leur stabilité chimique, peuvent être soit transformés plus ou moins rapidement en une autre espèce chimique formant ainsi les polluants secondaires, soit être complètement éliminés ou demeurer dans l'atmosphère :

- les oxydes de soufre et d'azote sont transformés en leurs acides correspondants, d'ailleurs très solubles dans l'eau de pluie, voire même en leur sel : sulfate ou nitrate ;
- la pollution photochimique se caractérise par la présence dans l'air d'agents fortement irritants comme l'ozone, le nitrate de peroxyacétyle ou les aldéhydes. Ces composés ne sont pas émis directement dans l'atmosphère mais résultent d'une série de transformations chimiques complexes influencées par les conditions atmosphériques, le rayonnement solaire ultraviolet notamment. Les précurseurs de ces processus sont notamment les oxydes d'azote, le monoxyde de carbone et les hydrocarbures.

#### A.2.3.4 - Concentration des polluants dans l'air ambiant

L'ensemble de ces phénomènes conduit à la présence de polluants dans l'air ambiant : il s'agit des immixtions qui sont surveillées en caractérisant la concentration des polluants. L'unité utilisée est le plus fréquemment le micro gramme par mètre cube d'air ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), ce qui correspond à un gramme dans un million de mètres cube d'air (un cube de 100 mètres de côté).

#### A.2.4 - Les échelles spatiales

Selon que l'on se place dans un espace clos, dans la rue, à l'échelle d'une région, d'un continent ou de la planète, on ne va pas s'intéresser au même polluant et au même effet. Trois échelles spatiales sont couramment utilisées pour décrire les phénomènes : la proximité, la région, la planète.

##### A.2.4.1 - La pollution de proximité

C'est la pollution locale qui se manifeste à proximité des sources émettrices. Elle est caractéristique de la pollution des centres villes (trafic routier, chauffage, industrie, activité domestique). Elle affecte en premier lieu la santé des populations de façon aiguë lors des pointes mais aussi de façon chronique sur le long terme ; elle participe à la dégradation du patrimoine bâti ; elle peut procurer des gênes olfactives ; elle peut nuire à la végétation et aux cultures. C'est cette pollution qui, la première, a fait l'objet d'un suivi dans l'environnement des sites industriels.

##### A.2.4.2 - La pollution à l'échelle régionale

Elle caractérise la pollution que l'on observe dans les zones situées à quelques dizaines, voire à plusieurs centaines de kilomètres des sources d'émission. Elle met en jeu les deux phénomènes de transport et de transformation des polluants. Les concentrations sont beaucoup plus faibles que dans la pollution de proximité mais suffisantes pour porter atteinte à la végétation notamment. Il en est ainsi de la pollution photochimique et des pluies acides.

- la pollution photochimique (voir ci avant), mise en évidence notamment en Californie, affecte maintenant l'ensemble du continent européen. Ce mélange complexe de substances aux propriétés oxydantes affecte de vastes territoires débordant très largement les zones d'émissions des précurseurs.
- le terme de « *pluies acides* » désigne l'ensemble des retombées au sol de substances acides nuisibles pour les écosystèmes, qu'il s'agisse ou non de polluants dissous dans l'eau. Les polluants incriminés sont principalement les oxydes de soufre et d'azote qui retombent sous forme de dépôts secs ou évoluent chimiquement pour former des acides sulfurique et nitrique que l'on retrouve dans les précipitations. Sur le continent européen, la péninsule scandinave est particulièrement touchée par des retombées en provenance des pays de l'Europe de l'Ouest et de l'Est.

##### A.2.4.3 - La pollution à l'échelle planétaire

Les mouvements atmosphériques induisent des déplacements d'air à grande échelle. Les polluants émis au niveau du sol, notamment ceux qui présentent une très grande stabilité chimique, peuvent gagner les hautes couches de la troposphère, voire même la stratosphère au bout de plusieurs années.

Deux effets essentiels de la pollution à l'échelle planétaire sont aujourd'hui identifiés :

➤ **l'effet de serre :**

Il s'agit d'un phénomène naturel par lequel l'atmosphère terrestre, compte tenu de sa composition et notamment de la présence de dioxyde de carbone, piège à la surface de la planète son rayonnement thermique : sans effet de serre, la température moyenne de la planète serait de l'ordre de  $-18^{\circ}\text{C}$  et non de  $+15^{\circ}\text{C}$  comme aujourd'hui.

L'accumulation dans l'atmosphère de certains gaz produits par l'activité humaine - comme le gaz carbonique résultant principalement de la combustion des combustibles et carburants d'origine fossile (pétrole et charbon), le méthane résultant de la décomposition des matières organiques, le protoxyde d'azote, les composés organiques volatils persistants comme les chlorofluorocarbones - augmentent cet effet de serre. Cette augmentation se traduit par une élévation de la température moyenne de la planète (la très grande majorité des modèles prédictifs de l'évolution du climat estiment entre  $1,5$  et  $4,5^{\circ}\text{C}$  l'augmentation attendue de la température moyenne pour un doublement de la concentration en gaz carbonique depuis le début de l'ère industrielle, soit une augmentation d'environ  $2^{\circ}\text{C}$  d'ici 2100) accompagnée de son cortège d'incidences néfastes sur les écosystèmes, les systèmes socio-économiques et la santé.

➤ **la diminution de l'ozone stratosphérique :**

L'ozone est un constituant naturel de l'air qui se forme à partir de l'oxygène dans des processus chimiques ou photochimiques. A sa concentration maximale vers l'altitude de 25km, il absorbe le rayonnement ultraviolet provenant du soleil et participe ainsi à la protection de la vie terrestre (l'ozone qui se forme au niveau du sol joue le rôle d'un polluant). Les inquiétudes résultent de la mise en évidence, depuis 1979, d'un phénomène saisonnier caractérisé, notamment au-dessus des pôles, par une réduction régulière de la concentration en ozone à ces altitudes. Les chlorofluorocarbures (CFC) notamment sont considérés comme les substances les plus impliquées dans ce processus de dégradation. Ces substances produites par l'homme étaient utilisées dans les aérosols, les équipements de réfrigération et climatisation, pour la fabrication des matières plastiques expansées (la production et la consommation de ses substances sont maintenant interdites en application du protocole de Montréal).

## **B/ CARACTERISTIQUES DES PRINCIPAUX POLLUANTS**

### **B.1 - Le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>)**

Le dioxyde de soufre provient essentiellement de la combustion des énergies fossiles (charbon, fioul...). Il est ainsi rejeté par les centrales thermiques de production électrique, les chaufferies urbaines, les installations de chauffage domestique, les fours industriels mais aussi par les moteurs des véhicules (gazole et dans une moindre mesure essence) ou par certains procédés industriels, telle que la fabrication de l'acide sulfurique. Le SO<sub>2</sub> est donc essentiellement un polluant hivernal. En effet, en automne et en hiver, les émissions soufrées des chauffages utilisant des énergies fossiles sont les plus importantes et la dispersion atmosphérique des polluants est souvent limitée.

L'exposition au dioxyde de soufre à forte concentration peut générer des troubles respiratoires particulièrement dommageables pour les insuffisants respiratoires ou aggraver les troubles cardiovasculaires.

Le dioxyde de soufre intervient de façon prépondérante dans les phénomènes des pluies acides et de dépérissement des forêts. Il élimine les végétaux sensibles tels que les lichens, il provoque des nécroses caractéristiques aux feuilles. En association avec d'autres éléments, il participe également à la dégradation des matériaux entrant dans les constructions et notamment les pierres calcaires.

### **B.2 - Les oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>)**

Les oxydes d'azote résultent principalement de la combinaison entre l'oxygène et l'azote de l'air sous l'effet des hautes températures obtenues dans les processus de combustion.

Le monoxyde d'azote, NO, est émis principalement par les moteurs des véhicules et par les installations fixes (installations de combustion de toute taille : chauffages des locaux, centrales thermiques de production électrique, usines d'incinération des ordures ménagères) et certains procédés industriels telle que la fabrication de l'acide nitrique). Au contact de l'air, ce monoxyde d'azote est rapidement oxydé en dioxyde d'azote, NO<sub>2</sub>.

La pollution par les oxydes d'azote est plus forte à l'automne et en hiver. Comme pour le SO<sub>2</sub>, les rejets par les chauffages utilisant des combustibles fossiles sont alors plus importants et les conditions météorologiques souvent défavorables à la dispersion des polluants (anticyclone hivernal). Néanmoins, les oxydes d'azote restent des polluants essentiellement liés au trafic routier. C'est pourquoi à l'échelle hebdomadaire ainsi que journalière, les niveaux d'oxydes d'azote suivent les variations du trafic.

A forte concentration, le dioxyde d'azote est un gaz toxique irritant pour les yeux et les voies respiratoires. Il entraîne une baisse de la perception des odeurs, des modifications de la fonction pulmonaire, notamment l'apparition d'œdème pulmonaire.

Les oxydes d'azote interviennent de manière importante, après le dioxyde de soufre, dans les phénomènes de pluies acides par leur caractère de polluant acide et par leur rôle dans la pollution photo oxydante. Le protoxyde d'azote est un puissant gaz à effet de serre.

### **B.3 - Les particules en suspension**

Les poussières ou particules en suspension (Ps) constituent un complexe de substances organiques ou minérales. Elles sont à l'échelle mondiale principalement d'origine naturelle (embruns océaniques, éruptions volcaniques, feux de forêts et érosion éolienne). Les émissions anthropiques proviennent principalement des véhicules à moteur notamment diesel, des installations de chauffage domestique et urbain et des usines d'incinération de déchets.

Les émissions de poussières sont scientifiquement mal connues. En effet, la taille et la nature des particules sont diverses, il est donc difficile de quantifier leurs origines, leur nocivité et les volumes émis par type. C'est la raison pour laquelle le CITEPA n'a pas fait d'étude sur ce polluant. En effet, on peut distinguer deux catégories de particules :

- Les «particules fines» de diamètre inférieur à 2,5 µm. Elles sont issues de l'agglomérat de particules plus fines provenant par exemple des moteurs diesels.
- Les «grosses particules» proviennent de processus mécaniques comme l'érosion, le roulage des véhicules sur la chaussée ou les processus de broyage...

Comme pour les autres polluants dus aux transports routiers (NO<sub>x</sub> ou CO), la pollution par les poussières est plus forte à l'automne et en hiver lorsque les conditions météorologiques sont défavorables à la dispersion des polluants. A l'échelle hebdomadaire, les niveaux de poussières sont minima le dimanche, parallèlement à la baisse du trafic. En milieu urbain, deux pics de pollution par les poussières sont généralement observés le matin et le soir, en corrélation avec les variations du trafic routier.

Les particules en suspension constituent un ensemble très hétérogène, représentant cependant un indicateur majeur de la qualité de l'air d'un point de vue sanitaire. Elles peuvent être à l'origine d'atteintes respiratoires significatives.

Sur les végétaux, les effets de salissure sont les plus évidents. Les particules viennent se fixer dans les stomates ; certains accumulent ces particules, d'où perturbation de la photosynthèse et attaque puis destruction des tissus.

### **B.4 - L'ozone (O<sub>3</sub>)**

Le développement de la pollution photo oxydante en Europe Occidentale est manifeste depuis de nombreuses années. Cette pollution est marquée par l'ozone.

A l'échelle globale, la modification des concentrations d'ozone troposphérique peut intervenir dans l'évolution du climat. L'ozone est un important gaz à effet de serre dans la stratosphère et dans la troposphère. Des changements des concentrations d'ozone produisent un forçage radiatif en modifiant les radiations solaires et telluriques

La pollution photo oxydante se caractérise par la présence dans l'air d'agents fortement irritants comme l'ozone ou le PAN. Ces composés ne sont pas émis directement dans l'atmosphère mais résultent d'une série de transformations chimiques complexes influencées par les conditions atmosphériques, l'ensoleillement notamment. Les précurseurs de ces processus sont notamment les oxydes d'azote, le monoxyde de carbone et les hydrocarbures. L'ozone est un indicateur majeur de

la pollution photochimique : en effet, les réactions de formation d'ozone sont amplifiées par les rayons solaires ultraviolets (voir modélisation ci-après).

De par sa réaction de formation nécessitant la présence de rayonnements solaires importants, les concentrations d'ozone sont généralement les plus élevées au printemps et en été, lorsque le temps est fortement ensoleillé. Sur 24 heures, la pollution par l'ozone est minimale la nuit et en début de matinée, du fait d'une consommation de l'ozone (par réaction avec les espèces oxydables et par son dépôt au sol et sur la végétation) supérieure à production (ensoleillement moindre). Elle est maximale en milieu d'après-midi car, en présence des précurseurs, l'ozone est produit principalement lorsque le soleil brille.

Dans les banlieues et les zones rurales situées sous les vents des agglomérations responsables de l'émission des précurseurs, l'ozone s'accumule dans les masses d'air et atteint des concentrations supérieures à celles du centre ville.

Une exposition à l'ozone de courte durée (30 minutes à 6 heures) à de faibles concentrations (160 à 200 µg/m<sup>3</sup>) est capable d'initier le développement d'une réaction inflammatoire des voies aériennes.

L'ozone pénètre par les stomates des végétaux et forme avec l'eau cellulaire des radicaux hydroxydes qui endommagent les thylakoïdes des chloroplastes. Les effets sont variables selon les plantes : lésions caractéristiques, ralentissement de la croissance, dépérissement de certaines forêts. Il contribue également aux pluies acides.

### **B.5 - Le monoxyde de carbone (CO)**

Le monoxyde de carbone résulte de la combustion incomplète des carburants et combustibles notamment dans les moteurs et les chauffages individuels. Quelques procédés industriels en émettent des quantités notables. Son émission a pour principale origine les moyens de transport.

La pollution par le monoxyde de carbone est plus forte à l'automne et en hiver lorsque les conditions météorologiques sont défavorables à la dispersion des polluants. A l'échelle hebdomadaire, les niveaux de monoxyde de carbone sont minima le dimanche, parallèlement à la faiblesse du trafic. En milieu urbain, deux pics de pollution par le monoxyde de carbone sont généralement observés le matin et le soir, en corrélation avec les variations du trafic routier.

Le monoxyde de carbone diffuse rapidement, après inhalation, dans le sang où il provoque alors une réduction de la capacité de transport de l'oxygène du sang.

Le CO<sub>2</sub> participe à la formation de l'effet de serre et peut agir sur le développement des espèces végétales.

### **B.6 - Le plomb**

Ce métal est un composant de nombreux produits manufacturés (anciennes canalisations, céramiques, poudres, explosifs et cartouches, peintures, batteries, piles, verres et traitements agricoles...). A cela, il faut ajouter les émissions liées à l'incinération des déchets ménagers et au recyclage des piles et des batteries.

Le plomb d'origine automobile est généralement émis sous forme de fines particules de diamètre inférieur à 1 µm qui, par conséquent, ont une forte probabilité d'atteindre les alvéoles pulmonaires. Le plomb tétraéthyle a été pendant longtemps incorporé de façon systématique à l'essence du fait de ses propriétés antidétonantes. Aussi l'automobile a-t-elle été la source de rejets de quantités importantes de dérivés du plomb dans l'air. L'utilisation croissante d'essence sans plomb (le plomb est un poison des pots catalytiques) a permis, en quelques années, de réduire les émissions. Les usines de traitement de minerai et de métaux plombifères constituent les principales sources industrielles. Les émissions de plomb particulaire sont en forte diminution en particulier depuis 1989 en raison :

- d'une baisse de la consommation de carburants plombés,
- de la diminution de la teneur en plomb dans les carburants plombés.

En France, la surveillance journalière du plomb est réalisée en 59 sites dont 30 en centre ville. Les échantillons journaliers sont prélevés sur des filtres puis analysés par spectrométrie d'absorption atomique. Sur la période 1988-1994, la diminution des moyennes annuelles est notable (entre 70 et 85 % selon les stations). Tous les sites urbains respectent désormais la valeur limite de la directive de l'Union Européenne 82/884/CEE, fixée à 2 µg/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle.

Le plomb est un toxique qui peut entraîner chez les enfants des troubles du développement cérébral avec des perturbations psychologiques et des difficultés d'apprentissage scolaire.

Le plomb s'accumule dans les différents compartiments de l'environnement et gagne ainsi les chaînes alimentaires dans lesquelles il se concentre.

Le décret du 6 mai 1998 fixe quelques seuils de qualité de l'air ambiant :

- objectif de qualité : 0,5 µg/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle ;
- valeur limite : 2 µg/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle.

Le projet de modification de ce décret propose de nouvelles valeurs :

- objectif de qualité : 0,25 µg/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle ;
- valeur limite : 0,5 µg/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle.

et introduit des délais (jusqu'en 2010) pour respecter ces seuils.

### **B.7 - Les Composés Organiques Volatils (COVNM)**

Les composés organiques volatils (vapeurs d'hydrocarbures et de solvants divers) proviennent des sources mobiles (véhicules de transport), des procédés industriels (raffinage de pétrole, stockage et distribution de carburants et combustibles liquides, stockage et utilisation de solvants, application de peintures) et des activités domestiques. La nature participe également à leur émission.

Leurs effets sont très divers selon la nature des composés : ils vont de la simple gêne olfactive à une irritation des voies respiratoires, à une diminution de la capacité respiratoire jusqu'à des risques d'effets mutagènes et cancérogènes.

Les composés organiques volatils interviennent, avec les oxydes d'azote et le monoxyde de carbone, dans le processus de formation de l'ozone dans la basse atmosphère. Les composés les plus stables chimiquement participent à l'effet de serre et à l'appauvrissement de la couche d'ozone stratosphérique (carbures halogénés notamment).

### **B.7.1 - Les hydrocarbures**

Il existe :

- les hydrocarbures aromatiques monocycliques, tels que les benzène, toluène et xylène déjà mesurés par quelques associations de surveillance de la qualité de l'air (les plus importantes comme Airparif à Paris). La moyenne annuelle pour le benzène ( $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) fixée par certains pays européens est respectée sur tous les sites de fond mais elle atteint  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sur les sites de proximité automobile à Paris,
- les hydrocarbures aromatiques polycycliques ou HAP qui devront être mesurés d'ici un an.

Les effets sur la santé sont importants : en effet, ces composés sont cancérogènes voire mutagènes pour certains de ces polluants.

### **B.7.2 - Le benzène**

Le benzène fait partie de la famille des hydrocarbures aromatiques monocycliques. On note assez régulièrement BTX (benzène, toluène, xylène) le benzène et ses homologues supérieurs. Le benzène est un constituant des essences (jusqu'à 5 %). Le benzène atmosphérique provient à 80 % de la circulation automobile soit par évaporation, notamment au niveau des stations services, soit par combustion. Cependant, la contribution majoritaire à l'exposition au benzène peut être, suivant les cas, l'exposition professionnelle, le tabac ou la pollution intérieure.

### **B.7.3 - Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)**

Les H.A.P. proviennent principalement des processus de pyrolyse et en particulier de la combustion incomplète de matières organiques. Les principales sources d'émissions dans l'air sont le chauffage (principalement au charbon, mais aussi au bois ou au fuel domestique), les véhicules automobiles, la production de coke. Le Benzo(a)Pyrène est le plus étudié. L'alimentation représente la principale source d'exposition de l'homme.

### **B.8 - Les dioxines et furannes**

Par le terme "dioxines", on désigne les polychlorodibenzo-p-dioxines (PCDD) et les polychlorodibenzoFurannes (PCDF) qui sont des composés aromatiques tri cycliques chlorés. Il existe un grand nombre de combinaisons différentes liées au nombre d'atomes de chlore et aux positions qu'ils occupent : 75 PCDD et 135 PCDF. Les 17 congénères toxiques comportent un minimum de quatre atomes de chlore occupant les positions 2,3,7 et 8. Le plus toxique est la 2,3,7,8 tetrachlorodibenzodioxine (TCDD).

Selon l'ADEME et le CITEPA, les principaux secteurs industriels à l'origine d'émissions de dioxines et furannes sont la combustion et l'incinération d'une part, la sidérurgie d'autre part.

Les émissions des installations d'incinération de déchets sont estimées par l'ADEME à 400 g TEQ /an et à 510 g TEQ /an par le CITEPA. Ces émissions représenteraient ainsi environ 30 % à 40 % des émissions nationales.

Il existe deux niveaux d'action sur les émissions de dioxines : l'exploitation de l'installation et le traitement des fumées.

Ainsi, pour les usines d'incinération, le respect des conditions de combustion imposées par la réglementation assure une destruction des dioxines ou de leurs précurseurs. Il convient également de limiter la formation de dioxines qui peut intervenir lors du refroidissement des gaz. Les valeurs mesurées en France pour les incinérateurs d'ordures ménagères de grosse capacité, en conditions normales de fonctionnement, respectant les conditions d'exploitation fixées par l'arrêté ministériel du 25 janvier 1991 sont comprises entre 1 et 10 ng/m<sup>3</sup> (les installations non conformes ont ou avaient des rejets de l'ordre de 10 à 100 ng/m<sup>3</sup>).

Pour atteindre des valeurs à l'émission plus basses, deux principaux types de traitement de gaz peuvent être utilisés : l'adsorption des dioxines sur charbon actif ou bien la réduction catalytique des dioxines.

## **B.9 - Les polluants agricoles**

### **B.9.1 - L'ammoniac**

L'ammoniac est produit par la nature. C'est un gaz incolore toxique, d'odeur caractéristique piquante et irritante. Sa toxicité est liée à sa très grande solubilité qui en fait un agent agressif des muqueuses. Le seuil de détection olfactive de l'ammoniac se situe bien en dessous des concentrations considérées comme dangereuses.

La mesure en continu de l'ammoniac et des pesticides est à l'étude. Aucun résultat n'est encore disponible. En région Centre, les émetteurs de l'ammoniac sont principalement les élevages porcins et de volailles même si leur densité est le centième de celle de la Bretagne.

### **B.9.2 - Les produits phytosanitaires dans les eaux de pluie**

La protection des récoltes est un des éléments de l'agriculture qui permet de préserver les rendements, et d'améliorer la qualité des denrées alimentaires. Outre les façons culturales, le choix des variétés, les mesures prophylactiques et la lutte biologique, la lutte chimique est un complément nécessaire aux autres techniques de protection des cultures.

Les produits phytosanitaires sont composés d'une ou plusieurs **matières actives** (substances qui détruisent ou empêchent l'ennemi de la culture de s'installer) et d'**adjuvants** (supports de la matière active). On dénombre plusieurs centaines de matières actives dont 500 seraient couramment utilisées pour lutter contre les maladies des cultures ou pour désherber.

La commercialisation et l'utilisation des produits mis sur le marché font l'objet d'un dossier toxicologique et écotoxicologique et répondent à une législation qui en garantit l'efficacité et l'innocuité dans des conditions d'emploi précises (directive du Conseil 91/414/CEE du 15 juillet 1991, loi n°525 du 2/11/43, décret n°74-682 du 01/08/74). Chaque produit doit donc être examiné au cas par cas.

Toutefois, il apparaît que lors de leur utilisation, une partie de ces produits sont dispersés dans le milieu naturel. Leur présence dans l'air, sous forme d'**aérosols**, n'a été mise en évidence que de façon assez récente.

### **B.10 - Les pollens**

Les pollens sont des particules aéroportées relativement volumineuses, provenant principalement des herbes ou arbres à chatons. Les pollens sont libérés de janvier à mai pour les arbres et de mai à septembre pour les herbes.

### **B.11 - D'autres polluants**

- Les rejets d'**acide chlorhydrique** à l'atmosphère résultent de la combustion de certains charbons à forte teneur en chlore et potentiellement de la combustion des déchets contenant notamment des matières plastiques chlorées (ordures ménagères entre autres) dans les usines d'incinération. Les obligations de traitement de ce type de rejet ont contribué à leur réduction. L'acide chlorhydrique participe à l'acidification de l'atmosphère.
- Le **fluor** et composés fluorés sont émis par la combustion de certains charbons, par l'industrie des engrais phosphatés (présence de fluor dans les phosphates naturels), par l'industrie des tuiles et briques (présence de fluor dans les argiles) et surtout par l'industrie de l'aluminium (électrolyse ignée d'alumine dissous dans un bain de fluorures).

Ces composés participent à l'acidité de l'air. L'acide fluorhydrique attaque les matériaux y compris le verre. Il provoque des nécroses caractéristiques sur les feuilles des arbres et particulièrement sur les aiguilles des résineux.

- Les **métaux**, tels que le **cadmium**, le **mercure**, le **nickel** et le **zinc** ou les métalloïdes tel que **l'arsenic**, sont rejetés essentiellement par les installations de traitement des minerais ou des métaux correspondants. Ces éléments se retrouvent également dans les poussières émises par les installations de combustion utilisant du charbon ou du fioul, par les installations d'incinération de déchets et par certaines installations mettant en œuvre des matériaux naturels contenant ces métaux.

### **B.12 - L'amiante**

L'amiante est un terme générique recouvrant une variété de roches métamorphiques fibreuses qui sont transformées de façon mécanique (broyage, tamisage, etc.) en fibres utilisables industriellement. On distingue deux variétés d'amiante : les serpentines (comme la chrysotile) et les amphiboles (comme l'antophyllite).

Du fait de ses propriétés physiques et chimiques qui lui confèrent des propriétés exceptionnelles, l'amiante a été très utilisée dans l'industrie à partir de 1880. Elle est ainsi entrée dans la composition de nombreux produits. Son utilisation a prédominé dans le secteur de la construction.

L'amiante a été employée sous différentes formes :

- les matériaux friables comme les flocages et les calorifugeages susceptibles de libérer des fibres par vieillissement naturel ou lors de leur dégradation,
- les matériaux durs tels que l'amiante ciment ou les dalles vinyle amiante qui ne peuvent émettre d'amiante que lors d'actions mécaniques (perçage - découpe),

- les matériaux semi-durs telles que certaines dalles de faux plafonds qui présentent des propriétés intermédiaires quant à la diffusion des fibres dans l'air.

Les faux plafonds sont composés d'éléments rapportés en sous-face d'une structure portante et à une certaine distance de celle-ci. Ils sont généralement constitués d'une armature suspendue et d'un remplissage de panneaux légers discontinus formant une trame. Ils peuvent être placés horizontalement ou suivant des plans d'inclinaison variables. Les panneaux ont un rôle d'isolant thermique et phonique, c'est pourquoi l'amiante a été souvent utilisé dans leur fabrication. Ils peuvent être constitués de fibres agglomérées par un liant ou de carton « amianté », ou bien encore être revêtus d'un feutre d'amiante et d'une feuille d'aluminium. Avant leur constitution et leur état de conservation, ces dalles de faux plafonds peuvent être considérées comme matériaux friables ou non friables.

Les floccages et les calorifugeages sont également à l'origine de l'utilisation d'amiante (voir glossaire).

### **B.13 - Le radon**

Le radon est un gaz radioactif d'origine naturelle provenant de la désintégration de l'uranium et du radium. Ce gaz est présent partout dans l'atmosphère terrestre. En quantité faible à l'extérieur, il peut néanmoins s'accumuler dans l'atmosphère confinée des bâtiments.

Le radon constitue la première source d'exposition aux rayonnements ionisants en France.

Une campagne de mesure du radon dans l'habitat a été lancée en 1992 en France par l'Institut de Protection et de Sécurité nucléaire (IPSN) et le concours des Directions Départementales des Affaires Sanitaires et Sociales (D.D.A.S.S.). Cette étude avait pour objet de connaître par département et par type de logement les concentrations en radon auxquelles est soumise la population. L'Auvergne, la Bretagne, la Corse, la Franche-Comté et le Limousin (régions où les habitations sont construites sur des formations granitiques) apparaissent comme étant les régions où les concentrations moyennes sont les plus élevées.

### **B.14 - Les gaz à effet de serre**

Dans le cadre de la Convention internationale sur le changement climatique, le protocole de KYOTO oriente l'action internationale vers 6 polluants particuliers ayant une action sur l'effet de serre : CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFC, PFC et SF<sub>6</sub>. L'objectif ultime étant de stabiliser les concentrations des gaz à effet de serre à un niveau qui empêche toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique.

Le protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O) est essentiellement issu de la fertilisation des sols et du brûlage de la biomasse. Ce polluant, ainsi que le dioxyde de carbone, est également produit de la combustion : la part des émissions liée à la production automobile reste prépondérante.

Le Méthane (CH<sub>4</sub>) est émis par l'agriculture (cultures, prairies et élevages), l'industrie (fabrication de produits chimiques, cokéfaction...) comme par chacun d'entre nous (station d'épuration des eaux usées, décharges...).

Les gaz à effet de serre fluorés sont essentiellement liés au secteur industriel (production d'aluminium, de magnésium, systèmes de réfrigération...).

S'agissant d'une problématique internationale dont les effets restent encore peu sensibles en région Centre, le présent Plan Régional de la Qualité de l'Air ne s'étendra pas largement sur l'ensemble de ces polluants mais s'attachera, notamment dans l'état des lieux, à souligner les implications des gaz étudiés dans l'effet de serre.

## **B.15 - La fumée de tabac**

**Avertissement** : de par sa complexité, sa spécificité et son importance, le problème lié à la pollution par la fumée du tabac ne sera pas développé dans le cadre de ce plan.

## **C/ LES EFFETS SUR LA SANTE**

### **C.1 - Introduction**

Il apparaît aujourd'hui difficile de parler de l'état de santé de la population sans évoquer l'environnement. En effet, les facteurs environnementaux telle que la qualité de l'air constituent l'un des nombreux déterminants susceptibles d'agir sur la santé.

Les épisodes aigus de pollution atmosphérique constatés dans le passé se traduisaient par une élévation de la mortalité et de la morbidité respiratoire et cardio-vasculaire. Afin de limiter ces effets, les pouvoirs publics ont pris des mesures conduisant à une diminution notable des concentrations des principaux polluants issus des émissions industrielles et des chauffages collectifs.

A l'heure actuelle, des études nationales et internationales, concernant les effets à court terme, ont montré que les niveaux couramment observés de pollution atmosphérique avaient un impact détectable sur la santé des populations. Ces impacts vont ainsi du simple désagrément à l'existence anormale dans une population, de symptômes, de maladies, voire de décès attribuables à une source de pollution.

### **C.2 - La relation pollution atmosphérique-santé**

#### **C.2.1 - Les effets à courts et à longs termes**

##### **C.2.1.1 - Effets à courts termes**

La pollution atmosphérique peut être à l'origine de symptômes ou de maladies touchant les voies respiratoires supérieures (irritation nasale, des yeux ou de la gorge par exemple) et les voies respiratoires inférieures (toux, gêne respiratoire, oppression thoracique, bronchite, crise d'asthme, réaction inflammatoire au niveau des muqueuses respiratoires...).

Elle peut favoriser l'expression des problèmes respiratoires préexistants, notamment chez l'asthmatique (réactions allergiques, manifestations d'hyper réactivité bronchique non spécifiques) ou diminuer la capacité respiratoire chez l'enfant.

Elle peut également entraîner l'apparition de maladies cardio-vasculaires tels que l'infarctus du myocarde et, dans une moindre mesure, l'angine de poitrine ou les troubles du rythme cardiaque. Dans certains cas, elle peut conduire à la survenue anticipée de décès.

### C.2.1.2 - Effets à long terme

Les effets à long terme sont moins bien connus. La confirmation épidémiologique est en effet difficile à mettre en œuvre même s'il y a lieu de penser que la pollution atmosphérique extérieure cumule ses effets avec les autres causes d'agression de l'organisme.

Les temps de latence avant l'apparition de la maladie notamment en matière de cancer, peuvent atteindre plusieurs dizaines d'années. La reconstitution de l'exposition des individus se heurte à de nombreuses difficultés. Cependant, l'apparition de cancers respiratoires en relation avec la pollution atmosphérique est soupçonnée.

La responsabilité de certains polluants de l'air est évoquée à l'origine d'affections rénales et neurologiques et des perturbations des défenses immunitaires.

## C.2.2 - Les différents types d'études

Les liens entre les pollutions atmosphériques ambiantes et la santé sont difficiles à établir. Pour identifier ces liens et quantifier leur importance, trois principaux types d'études peuvent être réalisés :

### C.2.2.1 - Les études toxicologiques

Les études toxicologiques ont pour objectif de mettre en évidence l'existence d'effets toxiques des polluants seuls ou en mélanges simples. Elles ne reproduisent pas les conditions réelles. Les résultats obtenus avec ces modèles biologiques servent de base à l'élaboration d'hypothèses étiopathogéniques concernant la toxicité des polluants sur divers organes cibles, mais la transposition des résultats de la cellule ou de l'animal à l'homme reste très délicate. Ces études prises seules ne suffisent donc pas à définir les effets de la pollution sur l'homme.

### C.2.2.2 - Les études d'exposition humaine contrôlées

Ces études consistent à soumettre des individus choisis, en fonction de critères précis, à une atmosphère plus ou moins riche en polluants et à évaluer les effets d'une telle exposition sur différents paramètres biologiques, fonctionnels ou cliniques.

Les avantages par rapport aux études toxicologiques sont certains. Elles sont réalisées directement chez des êtres humains évitant ainsi le problème de transposition homme / animal. Par ailleurs, ces études d'exposition humaine permettent de contrôler la composition de l'atmosphère à laquelle les sujets sont exposés. Cependant les conditions expérimentales, en particulier la durée brève d'exposition, sont éloignées des conditions naturelles auxquelles les êtres humains sont normalement exposés : expositions répétitives et prolongées à de multiples polluants.

### C.2.2.3 - Les études épidémiologiques

L'épidémiologie étudie la fréquence et la répartition dans le temps et dans l'espace des problèmes de santé sur des groupes de population humaine, ainsi que le rôle des facteurs qui les déterminent.

Les études épidémiologiques, dans le cas de la pollution atmosphérique et par rapport aux deux types d'études précédentes, ont pour avantage majeur d'être réalisées dans les conditions réelles d'exposition à la pollution atmosphérique et sur la population générale comprenant enfants,

personnes âgées, malades... De ce fait, les résultats observés présentent une pertinence forte d'un point de vue de santé publique.

Les études épidémiologiques sont nombreuses. Actuellement, 3 études : A.P.H.E.A., E.R.P.U.R.S. et l'étude « des 9 villes » ont été réalisées sur le sujet. Les résultats obtenus sont comparables aux résultats habituellement retrouvés :

- L'étude A.P.H.E.A. (Air Pollution on Health, an European Approach) avait pour objectif de fournir des estimations quantitatives des effets à court terme sur la santé de la pollution atmosphérique en milieu urbain. Ainsi, une étude écologique temporelle rétrospective (comprise entre 1977 et 1992) a été réalisée sur 15 agglomérations européennes dont Lyon et Paris. Les indicateurs de pollution ont été construits à partir de données fournies par les réseaux publics de surveillance de la qualité de l'air. Les données de mortalité journalière ont été obtenues auprès des registres nationaux de décès. Les données de morbidité (admissions hospitalières) ont également été recueillies auprès des registres nationaux.

- L'étude E.R.P.U.R.S. (Evaluation des Risques de la Pollution Urbaine sur la Santé) avait également pour objectif d'évaluer dans l'ensemble de la population, les liens à court terme entre la pollution atmosphérique urbaine et le nombre de décès, d'hospitalisations, de visites médicales à domicile, de consultations aux urgences pédiatriques et d'absentéisme professionnel. Il s'agit d'une étude écologique temporelle rétrospective réalisée à Paris. Les indicateurs de pollution atmosphérique proviennent du réseau de surveillance Airparif, les indicateurs sanitaires de l'I.N.S.E.R.M. (décès), Assistance publique - Hôpitaux de Paris (hospitalisation), S.O.S. médecin (visites médicales à domicile), urgences pédiatriques de l'hôpital Trousseau, E.D.F.-G.D.F. (absentéisme).

- Pour quantifier la relation à court terme entre la pollution atmosphérique et ses effets sur la santé et surveiller son évolution, l'Institut de Veille Sanitaire, avec l'appui du Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement et du Ministère chargé de la Santé, a réalisé une étude dans huit agglomérations : Bordeaux, Le Havre, Lille, Lyon, Marseille, Rouen, Strasbourg et Toulouse. Ces villes ont été choisies pour le caractère contrasté de leurs sources, de leurs niveaux de pollution et de leurs conditions géo-climatiques. Paris s'est joint à l'étude avec les résultats du programme E.R.P.U.R.S..

L'analyse combinée d'indicateurs d'exposition (indice des fumées noires, dioxyde de soufre, dioxyde d'azote et ozone) et d'indicateurs de santé (mortalité totale, respiratoire et cardiovasculaire) a permis de tester si l'impact sur la mortalité des indicateurs de pollution était différent d'une ville à l'autre. En l'absence de différence, un risque sanitaire moyen associé aux indicateurs de pollution a été calculé pour l'ensemble des villes. Ce risque est exprimé sous forme d'une courbe exposition-risque qui présente l'augmentation du risque en fonction des concentrations croissantes des indicateurs de pollution.

Ces courbes ont été ensuite utilisées pour estimer, en fonction des niveaux de pollution observés dans chacune des agglomérations, le taux annuel pour 100 000 habitants de mortalité anticipée attribuable à la pollution. Ces taux appliqués à l'ensemble de la population des neuf villes ont permis de calculer l'impact global de la pollution sur la mortalité dans ces villes.

### C.2.3 - Les difficultés d'une relation de causalité

Avant de présenter les effets de la pollution atmosphérique sur la santé, il convient de souligner les raisons qui font que la définition précise des relations de causalité demeure complexe :

- L'air contient de nombreux produits chimiques, dont les interactions peuvent aggraver les effets individuels de chaque polluant. Cependant, même si de nombreuses études montrent que la pollution atmosphérique a une influence sur la santé, les analyses épidémiologiques ne permettent pas de mettre en évidence quels constituants ou caractéristiques de polluants sont les véritables déterminants de cette influence.

- Les polluants n'ont pas tous la même toxicité. En effet, ils peuvent pénétrer plus ou moins profondément dans l'appareil respiratoire selon leurs caractères physico-chimiques, leur solubilité plus ou moins importante dans l'eau. Ils peuvent être cause de la fragilisation de l'individu voire de l'apparition ou de l'aggravation d'une pathologie.

- Seuls quelques polluants - ou indicateurs de pollution - sont mesurés régulièrement car ils sont considérés comme les plus représentatifs d'une forme de pollution. Chaque indicateur présente donc ses effets propres mais aussi ceux des polluants émis ou formés avec lui.

- L'évolution dans les techniques d'analyses, le changement de sources d'émissions (part croissante de la pollution liée à la circulation automobile modifiant par exemple, en 30 ans, la nature physico-chimique des particules) peuvent limiter les comparaisons entre les différentes études.

- Les mesures individuelles ont l'avantage de préciser la dose exacte de polluant respiré par un individu sur une période donnée. Cependant, ces mesures se heurtent à différentes limites métrologiques et sont dépendantes du mode de vie du porteur. La surveillance de la qualité de l'air, nécessitant une métrologie de « pointe », s'effectue plutôt sur la base de stations fixes dont l'emplacement, les teneurs mesurées, la variabilité spatio-temporelle des mesures sont essentiels pour être représentatifs de l'exposition.

- Les études épidémiologiques portent essentiellement sur les effets sur la santé à court ou moyen terme. En effet, l'étude des effets à long terme est très complexe et nécessite des moyens importants. La mesure de l'exposition ainsi que l'évaluation des effets sur la santé doivent s'opérer sur de longues périodes (10, 20 ans ...). Les facteurs de confusion sont alors très nombreux (individuels : tabagisme actif ou passif, allergies, âge, sexe... ou collectifs : la météorologie, les épidémies, les pollens...) et peuvent diminuer la pertinence des résultats.

- Des effets de la pollution sur la santé peuvent être observés pour des niveaux de pollution faibles voire très faibles. Des études montrent que pour certains polluants, il ne semble pas possible de mettre en évidence des niveaux de seuil au-dessous desquels la variation de la pollution n'aurait pas d'effets sur la santé.

- La population est soumise à diverses expositions variant en fonction notamment du temps passé à l'intérieur des locaux et à l'extérieur, en fonction des modes de vie et des comportements (tabagisme actif ou passif, expositions professionnelles...). De plus, les relations entre pollution atmosphérique extérieure et pollution atmosphérique intérieure ne sont pas bien connues alors que chaque individu séjourne en moyenne 80 % de son temps à l'intérieur de locaux.

- Les personnes réagissent différemment à la pollution atmosphérique en fonction de leur âge, de leur état de santé (notamment respiratoire) et de leur degré de sensibilité. La pollution atmosphérique peut affecter la santé des adultes bien portants s'ils sont exposés à de fortes concentrations, pratiquent des activités intensives (sportives par exemple) ou sont fumeurs. Certaines populations sont plus particulièrement sensibles aux irritants : les enfants, les personnes âgées, les asthmatiques et les personnes atteintes de rhinites allergiques, les insuffisants respiratoires, les personnes atteintes de maladies cardio-vasculaires.

Les difficultés de l'évaluation des effets sur la santé de la pollution atmosphérique tiennent donc essentiellement à la mesure de l'exposition de la population, à la mesure des effets sur la santé et à la quantification des relations entre exposition et effets.

### **C.3 - Effets sur la santé : approche par polluant**

La pollution atmosphérique est complexe, elle fait intervenir des substances dont le nombre est en progression. Il est impossible de toutes les analyser. L'évaluation se fait alors par le suivi d'indicateurs de pollution. Aussi, la directive européenne n° 96/62/CE du conseil du 27 septembre 1996 concernant l'évaluation et la gestion de la qualité de l'air ambiant définit la liste des polluants atmosphériques à prendre en considération :

- |   |   |
|---|---|
| - Anhydride sulfureux (SO <sub>2</sub> )            | - Dioxyde d'azote (NO <sub>2</sub> )                  |
| - Particules en suspension, particules fines (PM10) | - Plomb (Pb)  |
| - Ozone (O <sub>3</sub> )                           | - Composés Organiques Volatils (COV) comme le benzène |
| - Monoxyde de carbone (CO)                          | - Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)       |
| - Cadmium (Cd)                                      | - Arsenic (As)  |
| - Nickel (Ni)                                       | - Mercure (Hg)  |

Sur le plan local, la surveillance effectuée par les réseaux de mesure, qui contribuent à l'évaluation de l'exposition de la population à la pollution atmosphérique, est très hétérogène. De nombreux polluants de cette liste ne sont pas mesurés par les stations nationales. En pratique, les principaux polluants analysés sont le dioxyde de soufre, le dioxyde d'azote, l'ozone, les fumées noires, le monoxyde de carbone. Il s'agit de polluants qui ont été choisis en raison de leur toxicité, de la simplicité de leur mesurage et dans une certaine mesure de leur spécificité de source. Ces polluants, excepté le monoxyde de carbone, font l'objet d'une réglementation de la Communauté Européenne.

Le décret n° 98-360 du 6 mai 1998 relatif à la surveillance de la qualité de l'air et de ses effets sur la santé et sur l'environnement, aux objectifs de qualité de l'air, aux seuils d'alerte et aux valeurs précise les différents seuils pour les sept premiers polluants de la liste précitée. Ce sont les polluants que l'on retrouve pris en compte, essentiellement, dans les études d'évaluation des effets de la pollution sur la santé.

Enfin, du fait de spécificités régionales liées à une activité agricole soutenue quelques polluants ont un intérêt particulier pour la région Centre (Ammoniac, pesticides...)

## AIR EXTERIEUR

### C.3.1 - Dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) ou Anhydride sulfureux

#### Effets sur la santé

L'expérimentation a montré qu'une exposition de courte durée à des niveaux élevés conduit à une diminution de la fonction respiratoire, un accroissement de la résistance des voies aériennes, une bronchoconstriction et à l'apparition de symptômes tels que la toux et les sifflements. Les insuffisants respiratoires et les personnes souffrant de bronchopneumopathies chroniques obstructives (bronchite chronique, emphysème, asthme) sont particulièrement sensibles. De par ses effets sur la fonction respiratoire, elle peut également aggraver les troubles cardio-vasculaires.

La relation dose-réponse observée est apparemment sans seuil. Plusieurs études épidémiologiques récentes ont permis d'observer des relations significatives entre les niveaux de pollution urbaine par le dioxyde de soufre et plusieurs indicateurs sanitaires (mortalité cardio-vasculaire à court terme, hospitalisation pour maladie respiratoire, symptômes respiratoires, fonction ventilatoire) à des niveaux moyens journaliers faibles.

De plus, les études épidémiologiques sont très cohérentes lorsque la pollution est considérée globalement (dioxyde de soufre, particules, sulfates, autres composés acides...). Elles montrent que les teneurs ambiantes sont significativement liées à la morbidité et à la mortalité respiratoire et cardio-vasculaire. Ainsi, une élévation de la concentration en dioxyde de soufre de 10 µg/m<sup>3</sup>, à Lyon, conduit à une augmentation de 1 % de l'excès de mortalité respiratoire et 1.5 % de la mortalité cardio-vasculaire.

L'étude A.P.H.E.A. et les méta analyses qui ont été réalisées, ont permis de montrer qu'une augmentation de 50 µg/m<sup>3</sup> de pollution acido-particulaire s'accompagne dans les 3 jours d'un excès de 3 % de la mortalité totale journalière (3.5 %), 4 % pour la mortalité cardio-vasculaire et 5 % pour la mortalité respiratoire, d'un excès d'admissions hospitalières de 1 %, d'un excès de 8 % d'admissions hospitalières pour asthme chez les enfants et d'un excès de 2 % des admissions hospitalières pour B.P.C.O..

L'étude E.R.P.U.R.S. a mis en évidence des pourcentages d'augmentation des effets sur la santé pour des variations déterminées de dioxyde de soufre, ceci pendant la période hivernale :

Variation de SO <sub>2</sub> en µg/m <sup>3</sup>	8 à 20	8 à 54
Mortalité toutes causes	+1.4%	+5.3%
Mortalité pour causes cardio-vasculaires	+2.0%	+7.6%
Journée d'hospitalisation pour asthme chez les 0-14 ans	+7.7%	+33.6%
Journée d'hospitalisation pour causes cardio-vasculaires	+1.4%	+3.1%
Journée d'hospitalisation pour myocardopathies ischémiques	+1.4%	+5.2%
Visites médicales pour asthme tous âges	+2.3%	+9.1%
Visites médicales pour asthme 0-14 ans	+9.8%	+40.4%
Visites médicales pour maux de tête	+4.1%	+15.6%
Consultations en urgences pédiatriques pour affections des voies respiratoires supérieures	+2.0%	+7.9%
Arrêts de travail pour causes respiratoires	+2.6%	+10.6%
Arrêts de travail pour affections des voies respiratoires inférieures	+7.3%	+31.6%

Les liens entre dioxyde de soufre et mortalité pour causes cardio-vasculaires et entre dioxyde de soufre et asthme chez les enfants sont très significatifs. On peut également noter l'enjeu social important (maux de tête, absentéisme au travail).

L'étude multicentrique des 9 villes a permis de conclure à l'homogénéité des risques en termes de mortalité anticipée. Il existe une relation à court terme entre la pollution atmosphérique urbaine et la mortalité. Aucun biais méthodologique ne semble pouvoir expliquer ces résultats.

Par ailleurs, il n'existe pas de différences importantes en termes de risques de mortalité entre les neuf villes françaises étudiées, quelle que soit la diversité des pollutions et les caractéristiques climatiques, géographiques ou socio-démographiques.

La relation est linéaire et il n'a pas été observé de niveau au-dessous duquel il n'existerait pas d'effet décelable sur la mortalité au sein de la population.

Les résultats de l'analyse combinée sont concordants avec ceux de l'étude A.P.H.E.A.. Ils sont également comparables à ceux de nombreuses études internationales.

SO <sub>2</sub> (moyenne 24h)	
Pourcentage d'augmentation de risque de mortalité Pour une augmentation de 50 µg/m <sup>3</sup>	
Type de mortalité	Pourcentage
Mortalité totale	+ 3.6%
Mortalité cardio-vasculaire	+ 5.3%
Mortalité respiratoire	+ 5.6%

## Incertitudes

Le dioxyde de soufre est considéré comme un indicateur majeur de la qualité de l'air, d'un point de vue sanitaire, néanmoins, sa responsabilité dans les effets observés est parfois imputée à d'autres polluants (particules en suspension).

## Normes et recommandations

Décret n° 98-360 du 6/5/1998	Avis du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France (séance du 1/10/1997)	Organisation Mondiale de la Santé
<b>Objectifs de qualité</b> 40 à 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne des valeurs quotidiennes sur l'année 100 à 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en valeur moyenne quotidienne	<b>Objectif de qualité</b> 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle des moyennes horaires	<b>Valeur guide</b> 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur 10mn 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur 24h 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur l'année
<b>Valeur limite</b> fonction des valeurs en particules en suspension et de la période de l'année calculée par la médiane	<b>Valeur limite</b> 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne journalière des moyennes horaires	
<b>Seuil d'alerte</b> 600 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne horaire	<b>Seuil de précaution</b> 250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne horaire <b>Seuil d'alerte</b> 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne horaire sur 3 heures consécutives	

### C.3.2 - Le dioxyde d'azote ( $\text{NO}_2$ )

#### Effets sur la santé

Le dioxyde d'azote est un oxydant qui agit sur les lipides des membranes cellulaires en induisant des radicaux libres très puissants. Les expérimentations animales, pour des concentrations très variées, ont mis en exergue des sensibilités variables sur le mécanisme de défense de l'appareil respiratoire (système mucociliaire-bronchique) pouvant aller de l'absence d'effet à l'œdème pulmonaire en passant par des lésions inflammatoires.

Chez l'homme, les informations obtenues à partir d'études humaines contrôlées indiquent une relative résistance de l'appareil respiratoire au dioxyde d'azote seul, pour des concentrations faibles même si les asthmatiques et bronchitiques chroniques sont plus sensibles. A très forte concentration (2 à 13  $\text{mg}/\text{m}^3$ ), a priori jamais atteinte en milieu ambiant, sont observées des réactions de type inflammatoire, une augmentation de la réactivité bronchique et de la résistance des voies aériennes. Néanmoins les résultats sont actuellement trop limités pour pouvoir être utilisés pour l'établissement de valeurs guides.

Actuellement, il est estimé qu'il n'y a pas de risque cancérogène lié à l'exposition au dioxyde d'azote.

La quantification des effets propres au dioxyde d'azote est difficile du fait de la présence dans l'air d'autres polluants avec lesquels il est corrélé. Dans les conditions réelles de vie courante, cet indicateur représente une exposition complexe.

Une exposition à long terme peut être associée à un risque accru d'infection respiratoire chez les enfants. Il augmente le recours aux soins, notamment pour l'asthme et les pathologies des voies respiratoires inférieures. Il peut entraîner les mêmes effets que ceux observés à forte concentration mais de manière moins intense.

Alors que l'étude A.P.H.E.A. montre, dans le cas d'un accroissement de 50 µg/m<sup>3</sup> de dioxyde d'azote, que l'augmentation de la mortalité journalière, des risques d'admissions hospitalières pour affections respiratoires n'excède pas 1 %, l'étude E.R.P.U.R.S. a mis en évidence des pourcentages d'augmentation des effets sur la santé pour des variations déterminées de dioxyde d'azote.

Variation de NO <sub>2</sub> en µg/m <sup>3</sup>	Hiver		Été	
	34 à 55	34 à 84	34 à 55	34 à 84
Mortalité toutes causes	+10%	+26%	+37%	+90%
Mortalité pour causes respiratoires			+8.0%	+18.6%
Mortalité pour causes cardio-vasculaires			+3.3%	+7.6%
Journée d'hospitalisation pour causes respiratoires tous âges	+1.2%	+3.1%	+2.6%	+6.0%
Journée d'hospitalisation pour causes respiratoires 15-64 ans	+2.5%	+7.2%	+3.2%	+6.2%
Journée d'hospitalisation pour causes respiratoires 65 ans et +			+4.4%	+10.9%
Journée d'hospitalisation pour B.P.C.O. tous âges			+6.2%	+14.3%
Journée d'hospitalisation pour asthme tous âges			+11.6%	+24.0%
Journée d'hospitalisation pour asthme 0-14 ans	+10.8%	+32.0%	+19.2%	+52.1%
Journée d'hospitalisation pour causes cardio-vasculaires	+2.4%	+5.0%	+3.2%	+6.4%
Journée d'hospitalisation pour myocardopathies ischémiques	+2.2%	+6.4%	+2.6%	+5.1%
Visites médicales pour asthme tout âge	+4.0%	+11.6%	+22.5%	+46.6%
Visites médicales pour asthme 0-14 ans	+8.1%	+23.0%	+20.1%	+54.6%
Visites médicales pour asthme 15-64 ans			+15.7%	+38.4%
Visites médicales pour affections cardio-vasculaires			+2.6%	+6.8%
Visites médicales pour maux de tête	+3.6%	+10.0%	+5.8%	+13.4%
Visites médicales pour maladies de l'œil			+8.6%	+20.1%
Consultations en urgences pédiatriques pour affections VRS			+4.5%	+10.2%
Consultations en urgences pédiatriques pour asthme			+9.9%	+27.2%
Consultations en urgences pédiatriques pour bronchiolite			+15.1%	+36.8%
Arrêts de travail pour causes respiratoires	+6.0%	+17.3%	+9.8%	+26.9%
Arrêts de travail pour affections VRS			+11.3%	+31.2%
Arrêts de travail pour affections VRI	+10.4%	+31.3%	+16.1%	+46.1%
Arrêts de travail pour causes cardio-vasculaires			+23.0%	+69.3%

L'étude multicentrique des 9 villes a permis de conclure à l'homogénéité des risques en termes de mortalité anticipée. Il existe une relation à court terme entre la pollution atmosphérique urbaine et la mortalité. Aucun biais méthodologique ne semble pouvoir expliquer ces résultats.

Par ailleurs, il n'existe pas de différences importantes en termes de risques de mortalité entre les neuf villes françaises étudiées, quelles que soient la diversité des pollutions et les caractéristiques climatiques, géographiques ou socio-démographiques.

La relation est linéaire et il n'a pas été observé de niveau au-dessous duquel il n'existerait pas d'effet décelable sur la mortalité au sein de la population.

<b>NO<sub>2</sub> (moyenne 24h)</b>	
<b>Pourcentage d'augmentation de risque de mortalité pour une augmentation de 50 µg/m<sup>3</sup></b>	
<b>Type de mortalité</b>	<b>Pourcentage</b>
Mortalité totale	+ 3.8%
Mortalité cardio-vasculaire	+ 4.6%
Mortalité respiratoire	+ 4.0%

### Normes et recommandations

Décret n° 98-360 du 6/5/1998	Avis du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France (séance du 4/7/1996)	Organisation Mondiale de la Santé
<b>Objectif de qualité</b> 50 µg/m <sup>3</sup> centile* 50 des moyennes par heure sur toute l'année. 135 µg/m <sup>3</sup> centile 98 des moyennes horaires prises sur toute l'année. <b>Valeur limite</b> 200 µg/m <sup>3</sup> centile 98 des moyennes horaires ou par périodes inférieures à l'heure sur toute l'année. <b>Seuil d'alerte</b> 400 µg/m <sup>3</sup> en moyenne horaire.	<b>Objectif de qualité</b> 50 µg/m <sup>3</sup> en moyenne annuelle des moyennes horaires. <b>Seuil de précaution</b> 200 µg/m <sup>3</sup> en moyenne horaire. <b>Seuil d'alerte</b> 400 µg/m <sup>3</sup> en moyenne horaire.	<b>Valeur guide</b> 200 µg/m <sup>3</sup> sur 1h 40 µg/m <sup>3</sup> sur l'année

\* centile : voir glossaire à percentile

### C.3.3 - Les particules en suspension

#### Effets sur la santé

La signification de l'indicateur de la qualité de l'air que représentent les particules en suspension s'est modifiée au cours du temps parallèlement à l'évolution de la pollution atmosphérique. L'essentiel des effets sur la santé est le fait des particules de petite taille (diamètre < 10 µm) surtout

les très fines (diamètre < 2,5 µm), les plus grosses étant filtrées par le système de défense naturel des voies aériennes supérieures.

Les études sont rares ou d'interprétation délicate du fait du caractère très composite des particules qui se prêtent peu à l'expérimentation. Il a tout de même été mis en évidence les altérations de la fonction pulmonaire chez diverses espèces animales pour des expositions chroniques élevées pendant plusieurs mois. Par ailleurs, il est couramment admis par la communauté scientifique que les particules diesel sont responsables de la cancérogénécité expérimentale des émissions diesel même si une polémique importante sur le mécanisme de cet effet existe (particules ou polluants associés).

De nombreuses études épidémiologiques confirment l'accroissement, en fonction de l'augmentation des concentrations en particules, de la mortalité cardio-vasculaire et respiratoire à court terme, des atteintes fonctionnelles respiratoires et de l'incidence de manifestations irritatives respiratoires et des épisodes asthmatiques. Ces données traduisent l'effet mécanique des particules indépendamment des ions qu'elles transportent.

A long terme, l'exposition à de fortes concentrations de particules est responsable du développement de bronchites chroniques. L'exposition à des concentrations relativement modérées pendant une dizaine d'années accroît le risque de décès par maladies cardio-respiratoires. En effet, deux études récentes sur des cohortes américaines en population générale suggèrent que l'exposition sur 10 ou 15 ans à des teneurs relativement modérées de particules serait également associée à une augmentation de la mortalité cardio-respiratoire et par cancer du poumon.

Cependant, ces études épidémiologiques ne permettent pas, elles-mêmes, de conclure de manière certaine sur l'effet cancérogène des particules, diesel ou non, sur l'homme. Le Centre International de Recherche sur le Cancer (C.I.R.C.) et l'Agence Américaine de l'Environnement ont tout de même classé les émissions diesel comme étant "probablement cancérogène" chez l'homme.

L'étude A.P.H.E.A., ou les méta-analyses associées, a permis de montrer qu'une augmentation de 50 µg/m<sup>3</sup> de la pollution en particules s'accompagne dans les 3 jours d'un excès de 3 % de la mortalité totale journalière, d'un excès de 4 % de la mortalité cardio-vasculaire respiratoire, d'un excès d'admissions hospitalières pour affections respiratoires de 3 %, d'un excès de 3 % d'admissions hospitalières pour asthme chez les enfants et d'un excès de 4 % des admissions hospitalières pour broncho-pathie chronique obstructive.

L'étude E.R.P.U.R.S. a permis de montrer le pourcentage d'augmentation des effets sur la santé.

Variation de particules en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Hiver		Eté	
	7 à 20	7 à 66	7 à 20	7 à 66
Mortalité toutes causes		+2.3%	+2.6%	+7.5%
Mortalité pour causes respiratoires			+4.5%	+13.3%
Mortalité pour causes cardio-vasculaires			+2.4%	+7.4%
Journée d'hospitalisation pour causes respiratoires tous âges			+1.0%	+3.8%
Journée d'hospitalisation pour causes respiratoires 15-64 ans			+1.7%	+6.7%
Journée d'hospitalisation pour causes respiratoires 65 ans et +			+2.7%	+8.3%
Journée d'hospitalisation pour B.P.C.O. tous âges			+6.4%	+13.2%
Journée d'hospitalisation pour asthme tous âges			+5.6%	+17.9%
Journée d'hospitalisation pour asthme 0-14 ans			+24.9%	+56.4%
Journée d'hospitalisation pour asthme 15-64 ans			+2.7%	+13.4%
Journée d'hospitalisation pour causes cardio-vasculaires	+1.5%	+3.3%	+2.1%	+4.3%
Journée d'hospitalisation pour myocardopathies ischémiques	+2.7%	+5.9%	+2.2%	+4.5%
Visites médicales pour asthme tout âge	+2.1%	+10.4%	+7.5%	+26.8%
Visites médicales pour asthme 0-14 ans	+7.5%	+33.1%	+14.7%	+57.5%
Visites médicales pour asthme 15-64 ans			+6.6%	+19.7%
Visites médicales pour affections cardio-vasculaires	+2.4%	+5.4%	+1.9%	+6.5%
Visites médicales pour maux de tête	+2.8%	+11.7%	+4.7%	+13.6%
Visites médicales pour maladies de l'œil			+6.8%	+20.4%
Consultations en urgences pédiatriques pour asthme			+3.0%	+13.0%
Consultations en urgences pédiatriques pour bronchiolite		+5.5%	+7.3%	+22.0%
Arrêts de travail pour causes respiratoires	+2.7%	+13.1%	+5.6%	+19.9%
Arrêts de travail pour affections VRS			+6.6%	+23.5%
Arrêts de travail pour affections VRI	+5.2%	+26.9%	+10.9%	+40.6%
Arrêts de travail pour causes cardio-vasculaires			+19.1%	+78.1%

Comme pour le  $\text{NO}_2$ , l'étude multicentrique des « 9 villes » a permis de conclure à l'homogénéité des risques en termes de mortalité anticipée. Il existe une relation à court terme entre la pollution atmosphérique urbaine et la mortalité. Aucun biais méthodologique ne semble pouvoir expliquer ces résultats.

Par ailleurs, il n'existe pas de différences importantes en termes de risques de mortalité entre les neuf villes françaises étudiées, quelle que soit la diversité des pollutions et les caractéristiques climatiques, géographiques ou socio-démographiques.

La relation est linéaire et il n'a pas été observé de niveau au-dessous duquel il n'existerait pas d'effet décelable sur la mortalité au sein de la population.

Les résultats de l'analyse combinée sont concordants avec ceux de l'étude A.P.H.E.A.. Ils sont également comparables à ceux de nombreuses études internationales.

<b>Particules (moyenne 24h)</b>	
<b>Pourcentage d'augmentation du risque de mortalité pour une augmentation de 50 µg/m<sup>3</sup></b>	
<b>Type de mortalité</b>	<b>Pourcentage</b>
Mortalité totale	+ 2.9%
Mortalité cardio-vasculaire	+ 3.1%
Mortalité respiratoire	+ 2.7%

### Incertitudes

S'il existe un consensus scientifique sur les risques sanitaires des particules fines, les mécanismes mis en cause sont encore mal élucidés en raison des difficultés à caractériser quantitativement et qualitativement ces particules. Aucun seuil d'innocuité n'a pu être déterminé à l'heure actuelle.

### Normes et recommandations

Décret n° 98-360 du 6/5/1998	Avis du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France (séance du 6/6/1996)	Organisation Mondiale de la Santé
<p><b>Objectif de qualité</b> 40 à 60 µg/m<sup>3</sup> en moyenne des valeurs moyennes quotidiennes sur toute l'année. 100 à 150 µg/m<sup>3</sup> en valeur moyenne quotidienne. 30 µg/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle des PM10.</p> <p><b>Valeur limite</b> 80 µg/m<sup>3</sup> calculé par le centile 50 des valeurs moyennes quotidiennes sur l'année 130 µg/m<sup>3</sup> calculé par le centile 50 des valeurs moyennes quotidiennes pendant l'hiver 250 µg/m<sup>3</sup> calculé par le centile 98 des valeurs moyennes quotidiennes sur l'année 250 µg/m<sup>3</sup> en moyenne quotidienne trois jours consécutifs</p>	<p><b>Objectif de qualité</b> 30 µg/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle des moyennes journalières</p> <p><b>Seuil de précaution</b> 80 µg/m<sup>3</sup> en moyenne mobile sur 24 heures des valeurs horaires</p> <p><b>Seuil d'alerte</b> 125 µg/m<sup>3</sup> en moyenne mobile sur 24 heures</p>	

### C.3.4 - L'ozone (O<sub>3</sub>) et autres polluants photochimiques

#### Effets sur la santé

L'ozone est considéré comme "indicateur majeur de la pollution photochimique (photo oxydante)" comprenant, outre l'ozone, des peroxy-acyl nitrates, les aldéhydes, l'acide nitrique. La toxicité se traduit, aux niveaux correspondant aux seuils d'information et d'alerte de la population, par l'apparition, principalement à l'effort, d'altérations significatives de la mécanique ventilatoire, d'inconfort thoracique, d'essoufflement ou encore de douleurs à l'inspiration profonde.

Les études relatives aux effets de l'ozone ont montré la grande variabilité de la toxicité de ce polluant chez des sujets apparemment identiques.

L'organisme dispose d'un équipement biologique anti-oxydant complexe fonction de l'âge, du régime alimentaire et susceptible de se renforcer en trois à cinq jours à la suite d'expositions répétées à de faibles concentrations après une hypersensibilité le deuxième jour. Ceci permet peut être d'expliquer la meilleure résistance à l'ozone des personnes vivant dans des zones fortement polluées ou l'absence des effets aigus normalement observés après une exposition unique.

Peuvent apparaître également une irritation nasale et de la gorge, de la toux ou une irritation de l'œil. L'ozone diminue chez l'asthmatique son seuil de réactivité aux allergènes auxquels il est sensibilisé et favorise ainsi, ou aggrave, l'expression clinique de sa maladie.

Les effets à long terme par le biais de la réponse inflammatoire peuvent conduire à une fibrose pulmonaire responsable d'un handicap respiratoire majeur.

Des expérimentations humaines contrôlées montrent qu'une exposition unique à l'ozone entraîne une augmentation significative de l'incidence des symptômes (toux, inconfort thoracique et douleur à l'inspiration profonde) et de leur score de sévérité. Ces signes apparaissent d'autant plus vite que la concentration est élevée. Toutes les études mettent en évidence des altérations significatives de la fonction pulmonaire (capacité vitale forcée, volume d'expiration maximal seconde) mais ces modifications sont transitoires et disparaissent en moins de 24 heures.

Certains groupes d'individus, comme les asthmatiques en particulier, semblent constituer une population à risque vis-à-vis de la pollution photo oxydante. Enfin, l'exposition à l'ozone entraîne chez les sportifs une réduction des performances physiques et de l'endurance.

Les études épidémiologiques confirment les études toxicologiques. Pour une exposition à 200 µg/m<sup>3</sup> il est observé une diminution de la fonction ventilatoire de 2.5 à 3 % du volume maximal d'expiration seconde (V.E.M.S.) et une augmentation des symptômes respiratoires (toux, sifflements) ou oculaires de 20 %. Ces effets sont prépondérants chez les enfants et les asthmatiques.

L'étude A.P.H.E.A. et les méta analyses associées ont permis de montrer qu'une augmentation de 50 µg/m<sup>3</sup> de la pollution en ozone (en moyenne 8 h) s'accompagne dans les 3 jours d'un excès de 2,7 % de la mortalité totale journalière, d'un excès de 2,4 % de la mortalité cardio-vasculaire et 0,8 % de la mortalité respiratoire.

Cette étude a permis d'objectiver l'existence d'une association entre la mortalité à court terme et l'indicateur ozone.

L'étude E.R.P.U.R.S. présente le pourcentage d'augmentation des effets sur la santé les plus significatifs :

Concentration en particules en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Été	
	15 à 44	15 à 114
Mortalité toutes causes	+1.4%	+4.8%
Visites médicales pour affections cardio-vasculaires	+2.8%	+10.0%
Visites médicales pour maladies de l'œil	+4.3%	+17.0%

Comme pour les particules, l'étude multicentrique des 9 villes a permis de conclure à l'homogénéité des risques en termes de mortalité anticipée. Il existe une relation à court terme entre la pollution atmosphérique urbaine et la mortalité. Aucun biais méthodologique ne semble pouvoir expliquer ces résultats.

Par ailleurs, il n'existe pas de différences importantes en termes de risques de mortalité entre les neuf villes françaises étudiées, quelle que soit la diversité des pollutions et les caractéristiques climatiques, géographiques ou socio-démographiques.

La relation est linéaire et il n'a pas été observé de niveau au-dessous duquel il n'existerait pas d'effet décelable sur la mortalité au sein de la population.

Les résultats de l'analyse combinée sont concordants avec ceux de l'étude A.P.H.E.A.. Ils sont également comparables à ceux de nombreuses études internationales.

<b>O<sub>3</sub> (moyenne 8h)</b>	
Pourcentage d'augmentation de risque de mortalité pour une augmentation de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
Type de mortalité	Pourcentage
Mortalité totale	+ 2.7%
Mortalité cardio-vasculaire	+ 2.4%
Mortalité respiratoire	+ 0.8%

### Incertitudes

De nombreuses incertitudes persistent, concernant notamment la synergie entre l'ozone et d'autres polluants (dioxyde d'azote, ions hydrogène, particules...), la tolérance de l'organisme à ces polluants photo oxydants ou au contraire la diminution des défenses antioxydantes et les effets à long terme (cancérogènes ou co-cancérogènes).

**Normes et recommandations**

Décret n° 98-360 du 6/5/1998	Avis du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France (séance du 27/4/1995)	Organisation Mondiale de la Santé
<b>Objectif de qualité</b> 110 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne sur 8 heures Il existe un seuil de protection de la végétation (200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne horaire et 65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne sur 24 heures) <b>Seuil d'information</b> 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne horaire.  <b>Seuil d'alerte</b> 360 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne horaire.	<b>Information des populations sensibles</b> 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne horaire.  <b>Information de l'ensemble de la population</b> 360 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne horaire.	

**C.3.5 - Le monoxyde de carbone (CO)****Effets sur la santé**

La toxicité du monoxyde de carbone est particulièrement bien connue. Le monoxyde de carbone diffuse rapidement après inhalation dans les parois alvéolaires (poumon) puis de façon difficilement réversible dans le sang (combinaison hémoglobine/monoxyde de carbone appelé carboxyhémoglobine et noté HbCO). Il provoque alors une réduction de la capacité de transport de l'oxygène du sang, affecte l'oxygénation de certaines cellules musculaires (en particulier myocarde) et la respiration cellulaire. Ces trois effets conduisent à l'hypoxie.

L'intoxication est fonction de la concentration de monoxyde de carbone et du temps d'exposition. La mesure de l'intoxication se fait à partir du pourcentage de carboxyhémoglobine rapporté à la quantité d'hémoglobine.

Les effets aigus apparaissent à partir de 20 à 30 % de HbCO avec pour symptômes des céphalées, une grande fatigue, des vertiges et des nausées. Lorsque la teneur en HbCO augmente, apparaissent une somnolence, une impotence fonctionnelle, puis le coma. Le décès survient à partir de teneur de 65 % de HbCO dans le sang.

Les symptômes d'une intoxication chronique sont identiques aux symptômes d'une faible intoxication aiguë. Des études signalent également des baisses de performance comportementale (capacité mentale) pour des taux de HbCO divers. Il a par ailleurs été mis en évidence, chez les femmes enceintes fumeuses, des effets du monoxyde de carbone sur le développement du fœtus (une HbCO de 2.5 % ne devrait pas être dépassée pour prévenir ces effets) et sur les performances physiques.

Monoxyde de carbone (ppm)	Carboxyhémoglobine (%)	Sujets sains	Coronariens
	0,3 – 0,7	-	-
	1,5	Régulation du flux sanguin dans les organes vitaux	Absence de régulation
50	5-9	Diminution des fonctions supérieures et de la perception lumineuse	
100-200	16 – 20	Céphalées	Accident ischémique possible
	20 – 30	Céphalées, fatigue, nausées	
500	30 – 40	+ vomissements, syncopes	
1 000	50	Coma	
10 000	65-70	Décès	

Le seuil sans effet, protégeant toute la population, y compris les insuffisants cardiaques, est défini par rapport à un marqueur biologique. Ce seuil est régulièrement dépassé par le fumeur. Il correspond à une concentration dans l'air de 10 mg/m<sup>3</sup> sur une durée de 8 heures.

Des études récentes mettent en relation la survenue d'infarctus du myocarde, de poussées d'insuffisance cardiaque pour des niveaux d'exposition habituellement mesurés en milieu urbain.

Des études ont montré, même si certains résultats sont contradictoires, une apparition plus rapide de dysfonctionnements ventriculaires et de l'angine de poitrine pour des teneurs en HbCO de 6 %. Une étude rétrospective a estimé à 35 % l'excès de risque de mortalité par maladie cardiaque pour les employés de tunnel (taux de 4.5 % HbCO) par rapport à la population générale de New York.

Les admissions hospitalières pour cause cardiaque sont associées aux niveaux ambiants de monoxyde de carbone. Ainsi, le risque relatif de ces hospitalisations, établi par une étude réalisée sur 7 grandes villes américaines, est de 1.1 à New York et 1.37 à Los Angeles pour une augmentation de 30 mg/m<sup>3</sup> de monoxyde de carbone.

### Normes et recommandations

Décret n° 98-360 du 6/5/1998	Avis du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France (séance du 1/10/1997)	Organisation Mondiale de la Santé
<b>Objectif de qualité</b> 10 mg/m <sup>3</sup> en moyenne sur 8 heures	<b>Valeur limite</b> (air ambiant) 10 mg/m <sup>3</sup> en valeur moyenne sur 8 heures consécutives 30 mg/m <sup>3</sup> en valeur moyenne horaire	<b>Valeur guide</b> 100 mg/m <sup>3</sup> sur 15mn 60 mg/m <sup>3</sup> sur 30mn 30 mg/m <sup>3</sup> sur 1h 10 mg/m <sup>3</sup> sur 8h

### C.3.6 - Le plomb (Pb)

#### Effets sur la santé

Le plomb est à l'origine de perturbations neurologique, hématologique et rénal.

Le saturnisme est une pathologie ancienne dont les symptômes sont bien corrélés au taux de plomb dans le sang. Les taux mesurés dans une population urbaine sont inférieurs à 200 µg/l chez l'homme, 150 µg/l chez la femme. Chez l'enfant, à partir de 100 µg/l - et peut-être en dessous -, une altération du développement intellectuel est à craindre (mesurable par le Quotient Intellectuel). Elle est démontrée au-delà de 250 µg/l.

A l'heure actuelle, les taux de plomb présents dans l'atmosphère ne présentent pas de risque d'effet direct aigu sur la santé. Les risques de saturnisme sont donc principalement liés à l'habitat (peinture, plomb hydrique).

17 études « cas témoins » ont mis généralement en évidence la relation plombémie-troubles comportementaux (plombémie de 132 à 300 µg/l selon les cas). 29 enquêtes transversales ont montré que l'exposition aux dérivés du plomb est responsable d'une diminution du Quotient Intellectuel. Des études prospectives ont également conforté les résultats des études neurophysiologiques en mettant en évidence des altérations de potentiels corticaux lents pour des plombémies inférieures à 150 µg/l, une augmentation des seuils auditifs à partir de plombémie aussi faibles que 60 µg/l.

#### Incertitudes

L'existence d'un seuil est discutée : la pollution atmosphérique joue aujourd'hui un rôle mineur par exposition directe. Mais elle continue à entraîner l'accumulation dans le milieu de ce toxique. L'enfant y sera exposé via la chaîne alimentaire et les poussières ingérées.

#### Normes et recommandations

Décret n° 98-360 du 6/5/1998	Avis du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France	Organisation Mondiale de la Santé
<b>Objectif de qualité</b> 0.5 µg/m <sup>3</sup> en moyenne annuelle		<b>Valeur guide</b> 0.5 µg/m <sup>3</sup> en moyenne annuelle
<b>Valeur limite</b> 2 µg/m <sup>3</sup> en moyenne annuelle		

### C.3.7 - Les hydrocarbures

#### C.3.7.1 - Les composés organiques volatils

#### Effets sur la santé

Les effets sur la santé sont appréhendés à partir des études en milieu professionnel. Les solvants organiques peuvent être responsables de céphalées, de nausées... Les composés oxygénés sont plus

ou moins réactifs (alcools). Les plus réactifs regroupent formaldéhyde, acétaldéhyde, acroléine,... responsables d'irritations des yeux, du nez, de la gorge et des voies respiratoires, de modifications pouvant aggraver l'état d'un asthmatique, voire sensibiliser les voies respiratoires (participation au développement de phénomènes allergiques).

Certains composés sont probablement cancérigènes (formaldéhyde) ou cancérigènes possibles (acétaldéhyde).

### C.3.7.2 - Le benzène

#### **Effets sur la santé**

A des taux très élevés, les effets toxiques du benzène sont du type neuropsychique.

L'exposition chronique au benzène conduit à des troubles de la mémoire, de la concentration, de la personnalité, une insomnie, une diminution des performances intellectuelles.

Le benzène est un agent cancérogène chez l'homme (classé dans le groupe 1 par le C.I.R.C.) et présente une toxicité hématologique irréversible. La relation exposition-effets aux concentrations actuellement rencontrées aussi bien en milieu de travail que dans l'environnement fait l'objet de nombreux débats. L'Organisation Mondiale de la Santé a choisi un modèle avec absence de seuil et estime que pour une concentration dans l'air de 1 µg de benzène par m<sup>3</sup>, le risque de leucémie « vie entière » est de 6 leucémies supplémentaires pour 1 million de personnes exposées.

Le benzène a aussi été montré foetotoxique (mais non tératogène) chez l'animal. Chez l'homme, il n'existe aucun élément démontrant un effet adverse à la reproduction.

Les études épidémiologiques ont essentiellement porté sur le risque de leucémie lié à une exposition professionnelle.

Cependant, le temps de latence entre le début de l'exposition et le diagnostic de leucémie (3 à 24 ans) et la mesure de l'exposition durant cette période sont les limites de ces études. Toutes les études n'ont pas montré d'excès de risque de leucémies pour des expositions diverses. Pourtant, certaines ont conclu à des excès de risque même pour des expositions faibles (100 µg/m<sup>3</sup>), à une augmentation progressive de la mortalité de la leucémie selon l'exposition cumulée, à un lien plus avéré pour les leucémies de type myéloïde.

Ces études ont conduit à une évaluation des risques :

- l'E.P.A. (Agence Américaine de l'Environnement) a proposé un indice de risque unitaire cancer « vie entière » de  $2.7 \cdot 10^{-2} / (\text{mg}/\text{kg}/\text{j})$ .
- l'Organisation Mondiale de la Santé (O.M.S. - bureau Europe) a estimé, pour une concentration de 1 µg/m<sup>3</sup>, un risque leucémie « vie entière » de 4 leucémies supplémentaires pour 1 million de personnes exposées.
- l'I.P.C.S. (Programme International pour la Sécurité des Produits Chimiques) n'a pas pu conclure sur les petits excès de risque chez les travailleurs faiblement exposés et a statué sur l'absence d'augmentation de décès par cancer à une valeur moyenne d'exposition de 3.2 mg/m<sup>3</sup> et le fait que les expositions supérieures à 32 mg/m<sup>3</sup> doivent être évitées.

**Normes et recommandations**

Décret n° 98-360 du 6/5/1998	Avis du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France (séance du 17/9/1997)	Organisation Mondiale de la Santé
<b>Objectif de qualité</b> 2 µg/m <sup>3</sup> en moyenne annuelle des moyennes journalières	<b>Objectif de qualité</b> 2 µg/m <sup>3</sup> en moyenne annuelle  <b>Valeur limite</b> 10 µg/m <sup>3</sup> en moyenne annuelle des moyennes journalières 25 µg/m <sup>3</sup> en moyenne journalière	

**C.3.7.3 - Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)****Effets sur la santé**

Il n'existe a priori pas d'effet direct aigu.

Le rôle cancérigène des hydrocarbures aromatiques polycycliques (H.A.P.) est connu de longue date (peau, poumon...). Les émissions de diesel ont été classées comme probablement cancérigènes en 1989 à partir d'études en milieu professionnel. Une quinzaine d'H.A.P. peut être mesurée en routine. Parmi eux, 3 sont cancérigènes probables (Benzo(a) Pyrène (BaP), Benzo(a) antracène et dibenzo(a,h) antracène) et 3 possibles. L'indicateur de pollution est le benzo-a-pyrène (BaP), lui-même probablement cancérigène.

**Normes et recommandations**

Décret n° 98-360 du 6/5/1998	Avis du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France (séance du 17/9/1997)	Organisation Mondiale de la Santé
	<b>Basé sur travaux de l'OMS</b>  <b>Objectif de qualité :</b> BaP jour sur 1 an = 0,1 ng/m <sup>3</sup>  <b>Valeur limite :</b> BaP jour sur 1 an = 0,7 ng/m <sup>3</sup>	

**C.3.8 - Les dioxines et les furannes****Effet sur la santé**

Afin de pouvoir caractériser la charge toxique liée aux dioxines, un indicateur a été développé au niveau international, l'équivalent toxique (TEQ). A chaque congénère est ainsi attribué un coefficient de toxicité qui a été estimé en comparant l'activité du composé considéré à celle de la 2,3,7,8 TCDD. L'équivalent toxique d'un mélange de congénères est obtenu en sommant les teneurs

des 17 composés les plus toxiques, multipliés par leurs coefficients de toxicité respectifs.

Les dioxines et furannes ont en commun une très grande stabilité chimique et physique qui, avec leur caractère lipophile, explique qu'ils se concentrent au long des chaînes alimentaires au bout desquelles se trouve l'espèce humaine. La principale voie de contamination humaine par les dioxines est ainsi l'ingestion qui contribue pour plus de 90 % à l'exposition globale.

La 2,3,7,8 TCDD est l'un des composés chimiques les plus toxiques sur l'animal, mais les doses létales 50 (DL 50) varient de façon considérable selon les espèces. Elles s'échelonnent ainsi de 0,0006 mg/kg chez le cobaye à 3 mg/kg chez le hamster.

### **Incertitudes**

Bien que le risque associé aux dioxines ait été particulièrement bien étudié, les incertitudes qui demeurent dans l'évaluation de ce risque restent très importantes, qu'il s'agisse de l'appréciation de la nocivité intrinsèque des dioxines, des risques ramenés à un niveau d'exposition ou de dose, voire du niveau d'exposition des populations.

Il n'existe a priori pas d'effet direct aigu.

### **Normes et recommandations**

L'organisation mondiale de la santé préconise une dose maximale admissible de 10 picogrammes (pg) TEQ/jour/kg de poids corporel (un picogramme représente  $10^{-12}$  grammes). Il s'agit d'un seuil de précaution pour une exposition quotidienne au cours de la vie entière. L'EPA (Environmental Protection Agency) américaine a proposé, dans un rapport provisoire, de diviser cette valeur par 1000.

Les études expérimentales réalisées sur l'animal ont montré que les dioxines sont des agents cancérigènes. Le Centre International de Recherche contre le Cancer (CIRC) a classé, lors d'une réunion d'experts internationaux en février 1997, la 2,3,7,8 TCDD dans les substances cancérigènes pour l'homme (groupe 1). Les autres formes de dioxines restent dans le groupe 3 (substances non classifiables en ce qui concerne leur cancérogénicité). Les dioxines sont également susceptibles d'affecter le système immunitaire et d'agir sur les hormones de la reproduction.

### **C.3.9 - L'ammoniac**

#### **Effet sur la santé**

Avec l'humidité, l'ammoniac se transforme en ammoniacque responsable de l'attaque caustique de la peau et des muqueuses.

La plus grande partie de l'ammoniac inhalé est retenue au niveau des voies aériennes supérieures. L'ammoniac est un gaz irritant. L'exposition aux fortes concentrations produit chez l'homme une irritation puis des lésions caustiques des muqueuses oculaires, des voies respiratoires et de la peau, le stade le plus grave étant l'œdème aigu du poumon.

L'exposition répétée ou prolongée à l'ammoniac est responsable d'une irritation oculaire et respiratoire chez toutes les espèces animales. En raison de la forte rétention par les voies aériennes

supérieures, les lésions sont toujours plus marquées à ce niveau. L'irritation chronique de l'arbre respiratoire favorise le développement d'infections broncho-pulmonaires.

On peut signaler qu'une exposition à une concentration de 75 à 100 mg/m<sup>3</sup> provoque une toux et des sécrétions nasales, orales et lacrymales chez le porc et qu'une concentration de plus de 140 mg/m<sup>3</sup> conduit à des convulsions après 36 heures d'exposition du porc avec un rétablissement 7 heures après la fin de l'exposition.

Chez l'homme :

Teneur en ppm	Effet sur une personne non protégée	Conséquence
20	Perception par la plupart des personnes.	Désagréable. Exposition permanente sans danger.
50	Perception nette.	Sans danger, admis dans certains pays pendant 8 heures.
100	Désagréable, peut angoisser.	Sans danger, mais présence permanente déconseillée.
300	Les personnes expérimentées quittent la zone, les autres risquent d'être prises de panique.	Insupportable sauf pour les personnes expérimentées.
400 - 700	Irritation immédiate des yeux, du nez et des voies respiratoires. Respiration difficile.	Dans des circonstances normales, supportable une heure sans séquelle.
1700	Toux, crampes, sérieuses irritations.	30 mn d'exposition peuvent aggraver sérieusement.
2000 - 5000	Sévères irritations.	30 mn ou moins peuvent conduire au décès.
7000	Paralysie.	Mort en quelques minutes.

L'exposition prolongée et répétée entraîne en outre une tolérance à l'odeur et aux effets irritants du gaz. Selon l'O.M.S., le seuil olfactif serait de l'ordre de 10 mg/m<sup>3</sup> et le seuil pour les effets irritants de l'ordre de 20 à 50 mg/m<sup>3</sup>.

### Normes et recommandations

En France, les valeurs limites d'exposition professionnelle recommandées par le Ministère du Travail sont :

- valeur limite d'exposition : 36 mg/m<sup>3</sup> ;
- valeur limite moyenne d'exposition : 18 mg/m<sup>3</sup>.

### C.3.10 - Les phytosanitaires

#### Effets sur la santé

Les effets à court terme sont de mieux en mieux connus. L'ingestion de pesticides peut être responsable d'intoxications aiguës qui se manifestent par des troubles nerveux, digestifs, respiratoires, cardio-vasculaires et musculaires.

Les risques à long terme sont plus difficiles à apprécier. Les études épidémiologiques réalisées sur ce sujet ont mis en évidence des liens avec des effets retardés sur la santé, principalement des cancers (notamment hématologiques), des effets neurologiques (neuropathies périphériques, troubles neuro-comportementaux, maladie de parkinson) et des troubles de la reproduction (infertilité, avortements, mortalité, malformations congénitales). Ces résultats ont été obtenus malgré les difficultés de caractérisation de l'exposition liées à la nature rétrospective des études (mesurer l'exposition, préciser la nature exacte des produits en cause...). De plus, chaque molécule a ses effets propres sur la santé ce qui rend l'évaluation toxicologique difficile.

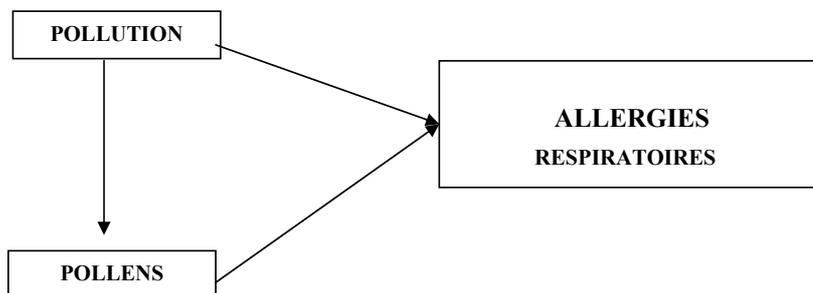
Cependant, les risques liés à l'inhalation de ces pesticides demeurent peu connus.

### C.3.11 - Les pollens

#### Effets sur la santé

Les effets des pollens sur la santé sont bien connus. Les pollens sont susceptibles de provoquer des rhinites allergiques et de l'asthme. En revanche, la relation dose-réponse entre les concentrations aériennes ambiantes de pollens et l'occurrence de manifestations cliniques de pollinoses saisonnières est moins bien connue au niveau d'une population.

Différentes études ont permis de décrire les phénomènes de synergies de la pollution atmosphérique et des pollens sur les pathologies de l'allergie respiratoire, selon le schéma suivant :



#### *Pollution atmosphérique et pollens*

Différentes études expérimentales suggèrent la modification du contenu biochimique de l'enveloppe externe (éxine) du grain de pollen, le rendant plus allergisant. Les pollens peuvent être considérés comme des bio-marqueurs d'exposition à la pollution atmosphérique. La pollution induit un stress au niveau de certaines plantes qui se manifeste par une augmentation des allergènes produits par celles-ci.

Si les études traitant plus généralement de la relation entre habitat rural et urbain et fréquence de l'allergie respiratoire ne sont pas concluantes, globalement il est admis que la fréquence de l'allergie est plus importante en milieu urbain.

#### *Pollution atmosphérique et allergies respiratoires*

Certaines études récentes indiquent que l'augmentation de la fréquence de l'allergie pollinique peut être induite par la pollution atmosphérique. Les conclusions suggèrent que des niveaux assez élevés d'ozone et d'oxydes d'azote peuvent agir comme adjuvants dans le rhume des foins. Cependant, l'augmentation de la réponse allergénique est encore discutée, les résultats des études étant parfois contradictoires.

Dans le domaine de l'épidémiologie, plusieurs travaux ont permis de montrer que :

- l'ozone et le dioxyde d'azote augmentent l'hyper réactivité bronchique spécifique aux allergènes ?
- il existe une relation entre la fréquence des rhinites allergiques et le taux de particules diesel dans l'air.

#### *Pollens et allergies respiratoires*

De nombreuses études cliniques ont pu mettre en évidence une relation de nature causale entre une exposition à des pollens et des manifestations cliniques, mais les connaissances concernant la relation dose-réponse entre les concentrations aériennes ambiantes de pollens et l'occurrence de manifestations cliniques de pollinoses saisonnières dans la population sont moins bien connues. Le recours aux études écologiques temporelles, peut permettre de tester l'existence d'associations entre des niveaux de pollens et des indicateurs d'activité sanitaire comme les admissions hospitalières ou les consultations en médecine de ville pour des troubles reliés à une pollinose. Le développement de cet axe de recherche constitue aujourd'hui une priorité afin d'évaluer véritablement l'impact des pollens sur la santé publique et de pouvoir utiliser de manière opérationnelle les données produites par la surveillance environnementale des pollens.

### **C.3.12 - Autres polluants**

Stocké dans l'herbe des pâturages, le fluor peut provoquer des fluoroses dentaires chez les bovins.

L'acide chlorhydrique peut entraîner une irritation des muqueuses, des yeux et des voies respiratoires.

### **AIR INTERIEUR**

Sous les climats tempérés, le citoyen moyen passe environ 80 % de son temps à l'intérieur des locaux. Outre l'apport des polluants de l'air extérieur, de nombreuses sources intérieures génèrent des polluants physico-chimiques, biologiques et parfois radioactifs. Parmi les principales sources de pollution, on trouve : les dispositifs de combustion (chauffage, chauffe-eau, cuisinière), les matériaux de construction, d'aménagement et de décoration (colles, produits,...), les occupants humains et animaux (germes...).

Il convient de signaler que les mesures d'isolation des bâtiments prises par souci d'économie d'énergie ont accru le confinement et abouti à une augmentation, parfois notable, des concentrations de certains polluants.

La qualité de l'air à l'intérieur des locaux dépend ainsi de quatre composantes principales :

- la qualité de l'air extérieur
- l'efficacité du renouvellement d'air
- l'activité humaine et animale
- les sources fixes de polluants ou contaminants.

Les principaux sujets de préoccupation relatifs à la pollution intérieure des locaux portent sur les indicateurs suivants :

- le monoxyde de carbone
- le radon
- l'amiante
- les biocontaminants
- la fumée de tabac

### **C.3.13 - Le monoxyde de carbone en milieu clos**

Ce gaz est responsable chaque année en France de plus de 5 000 cas d'intoxications graves.

Les causes les plus fréquentes d'intoxications sont le fait :

- des appareils à gaz non raccordés à un conduit de fumée
- des appareils mal entretenus ou mal utilisés
- des modes de chauffage de fortune
- d'une ventilation insuffisante du logement.

### **C.3.14 - L'amiante**

#### **Effets sur la santé**

Dès août 1945, un tableau de maladies professionnelles de la Sécurité Sociale, puis le C.I.R.C en 1975 et l'O.M.S. en 1977, ont classé l'amiante dans la catégorie des agents cancérogènes pour l'homme.

Les risques pour la santé sont liés à l'inhalation de fibres d'amiante présentes dans l'air. La présence d'amiante dans un matériau ne constitue pas en soi un risque. Les fibres doivent en effet être libérées, soit par une action directe de l'homme sur le matériau à l'occasion de la fabrication, de la mise en œuvre ou encore de travaux, soit par une dégradation spontanée du produit.

Le risque est majeur chez les personnes soumises à une exposition professionnelle (exposition active), principalement les métiers du bâtiment et de la construction navale.

La population peut également être concernée lorsqu'elle est soumise à des expositions para-professionnelles (entourage de travailleurs exposés) ou environnementales : sites géologiques, bricolage, personnes vivant dans des locaux dont l'air contient des fibres d'amiante.

Les affections touchent essentiellement le poumon et la plèvre :

- Les plaques pleurales constituent des épaissements localisés de la plèvre (double sac qui enveloppe les poumons). Elles entraînent rarement une gêne respiratoire et sont considérées comme un témoin d'exposition à l'amiante.

- L'asbestose provoque une transformation fibreuse progressive du poumon qui évolue vers l'insuffisance respiratoire chronique grave. Elle s'observait chez des travailleurs soumis à des expositions fortes (industries de l'amiante) et a pratiquement disparu du fait de la diminution des niveaux d'exposition.

- Le cancer broncho-pulmonaire, moins fréquent, voit son risque amplifié lorsqu'il existe un tabagisme associé. Le risque pour les non-fumeurs n'est important que pour des inhalations de fortes doses (expositions professionnelles). Le temps de latence entre l'exposition et la survenue de la maladie est important : 10 à 25 ans.

- Le mésothéliome est une transformation cancéreuse de la plèvre, indépendante des plaques pleurales, très liée à l'exposition à l'amiante (la quasi-totalité des cas de mésothéliome apparaît liée à l'amiante), surtout aux amphiboles, même pour des doses relativement faibles. Un très long délai sépare le plus souvent l'exposition initiale à l'amiante du début des troubles respiratoires (20 à 40 ans).

Une exposition à l'amiante serait en cause dans la moitié des cancers professionnels reconnus en France. Les risques liés à l'exposition passive dans les bâtiments contenant de l'amiante ne sont pas aujourd'hui clairement identifiés. En effet, il existe actuellement encore peu de données épidémiologiques, en raison notamment du manque de recul (l'amiante n'a été utilisé de façon importante comme isolant thermique et acoustique qu'à partir des années 60) et du temps de latence entre l'exposition et la survenue de la maladie (entre 10 et 40 ans).

S'il n'y a pas eu démonstration irréfutable du risque lié à une exposition passive, il y a en revanche de fortes présomptions qui, en application du principe de précaution, ont conduit à prendre des dispositions réglementaires visant à limiter très significativement l'exposition des travailleurs et de la population.

### **Normes et recommandations**

Pour assurer la protection tant des travailleurs que de la population, le décret du 24 décembre 1996 a interdit la fabrication, l'utilisation et la commercialisation de l'amiante sous quelque forme que ce soit (fibres libres et fibres liées), exception faite de quelques produits pour lesquels il n'existe actuellement pas de substitut au chrysotile.

Par ailleurs, deux décrets datés du 7 février 1996 ont été pris pour protéger les travailleurs contre les risques d'expositions professionnelles d'une part, et pour limiter l'exposition de la population dans les immeubles bâtis d'autre part.

### **C.3.15 - Le radon**

Le radon a été classé en 1987 comme "cancérogène pulmonaire chez l'homme" par le C.I.R.C. (groupe I). Cet organisme se base sur des données issues de l'expérimentation animale et sur les premières études américaines, canadiennes et tchèques sur les mineurs d'uranium. Les concentrations les plus élevées rencontrées dans les habitations sont de l'ordre de grandeur des concentrations les plus basses rencontrées dans ces mines. Le risque encouru par les populations exposées est évalué essentiellement par extrapolation des données concernant les mineurs. Lorsque les expositions au radon sont faibles ou moyennes, les études épidémiologiques réalisées jusqu'à présent tendraient à prouver une relation forte entre "risque augmenté de cancer du poumon" et inhalation de radon (l'O.M.S. estimerait entre 1 000 et 6 000 décès qui pourraient être attribuables à l'exposition au radon en France). Toutefois les résultats chiffrés varient encore largement. D'autres études sont en cours de réalisation.

Il apparaît également que l'exposition associant tabac et radon accroît considérablement le risque de cancer du poumon.

### **C.3.16 - Les bio-contaminants**

Ils comprennent les virus, les bactéries, les champignons microscopiques, les pollens et les acariens et éventuellement divers débris et déjections animales. Ces agents sont responsables d'asthme et de rhinite allergique.

### **C.3.17 - La fumée de tabac**

#### **Effets sur la santé**

La fumée de tabac est reconnue par le C.I.R.C. comme agent cancérogène pour l'homme (groupe I). De nombreuses études ont montré les effets de la consommation de tabac sur la santé : cancers du poumon, insuffisances respiratoires, cardiopathies ischémiques...

Plus récemment, des études ont porté sur les effets pour la santé du tabac considéré comme un polluant atmosphérique pour les personnes exposées au "tabagisme passif".

En effet, l'exposition environnementale à la fumée de cigarettes ne représente "que" 1 % de celle due au tabagisme actif mais ses conséquences sur la survenue de cancers du poumon et d'insuffisances coronariennes apparaissent très lourdes. Certains auteurs ont ainsi évalué le risque de survenue du cancer du poumon chez les femmes non fumeuses dont le conjoint fume : ce risque serait accru de 24 %. Il existe une relation dose-effet entre ce risque, le nombre de cigarettes fumées et le nombre d'années d'exposition.

D'autres études épidémiologiques montrent que le tabagisme passif paraît augmenter de près de un quart le risque individuel de cardiopathie ischémique.

## **C.4 - Effets sur la santé – approche par pathologie**

### **C.4.1 - Le choix des indicateurs de santé**

Trois types d'effets peuvent être envisagés :

- les effets directs, toxiques, des polluants sur l'organisme. Ils sont fonction du type de polluant en cause et de la concentration à laquelle les individus ont été exposés. Ces effets peuvent être immédiats ou différés, aigus ou chroniques.
- les effets liés au stress. Ils peuvent être neuro-comportementaux ou physiques. Ils sont en rapport avec la façon dont les individus perçoivent le risque auquel ils sont exposés (plaintes concernant une gêne ou un désagrément, symptômes réversibles ou non tels : toux, gêne respiratoire, maux de tête...).
- les effets mixtes, à la fois toxiques et liés au stress.

Le choix des indicateurs de santé dépend du type de polluant en cause, ou du type d'effets potentiellement attribuables à la source de pollution locale. La difficulté la plus souvent rencontrée provient de leur non-spécificité.

Lors du recueil et de l'analyse des données, il est nécessaire de prendre en compte les facteurs de confusion possibles. Les indicateurs sanitaires peuvent être regroupés en deux catégories :

- les indicateurs de mortalité globale ou spécifique ;
- les indicateurs de morbidité :
  - morbidité ressentie par la population (stress, maux de tête...)
  - morbidité objectivée (mesurée par exemple par dosages biologiques : épreuves fonctionnelles respiratoires)
  - morbidité diagnostiquée (par consultation médicale)
  - morbidité étendue (absentéisme, admissions hospitalières, consultations hospitalières, consommation de soins, de médicaments...).

### **C.4.2 - Les différentes pathologies associées à la pollution atmosphérique**

#### **C.4.2.1 - Cancer pulmonaire et pollution atmosphérique**

Deuxième cause de mortalité en France après les maladies cardio-vasculaires, les cancers représentent la première cause de mortalité avant 65 ans. En 1995, le cancer du poumon a été responsable de près de 24 000 décès.

L'air des zones urbaines et industrialisées contient de nombreuses substances reconnues cancérigènes pour l'homme. Ainsi, le benzène a été reconnu comme un cancérigène certain chez l'homme (groupe I du C.I.R.C.). Les effluents diesel, dans leur ensemble, sont classés probablement cancérigènes chez l'homme (groupe 2A du C.I.R.C.). Les effluents des moteurs à essences appartiennent au groupe 2B potentiellement cancérigène pour l'homme.

L'ensemble des données épidémiologiques disponibles suggère que la pollution urbaine aérienne et l'exposition à proximité de certains types d'industries, telles les fonderies de métaux non-ferreux, peuvent être liées à un risque accru de cancer bronchique.

A l'heure actuelle, il est considéré que trois quarts des cas de cancers sont liés à des causes extérieures et notamment au mode de vie, le tabac à lui seul étant responsable d'un tiers de la mortalité par cancer. Toutefois, bien que le facteur causal principal soit le fait de fumer, cette maladie atteint aussi les non-fumeurs. Les estimations varient entre 9 et 13 %.

#### C.4.2.2 - Affections cardio-vasculaires et Pollution atmosphérique

Les affections cardio-vasculaires constituent la principale cause de mortalité en France.

Les études réalisées pour connaître les effets à court terme de la pollution atmosphérique ont longtemps concerné l'appareil respiratoire. Les études épidémiologiques menées plus récemment ont conclu à l'existence d'associations statistiquement significatives entre les admissions hospitalières pour affections cardio-vasculaires et la pollution atmosphérique mesurée (particules en suspension ou monoxyde de carbone). Les liens mis en évidence concernent essentiellement les admissions pour insuffisance coronarienne aiguë ou pour insuffisance cardiaque, et non les troubles du rythme paroxystique. Les risques relatifs estimés sont relativement faibles mais les risques attribuables à la pollution atmosphériques sont loin d'être négligeables compte tenu du caractère ubiquitaire de l'exposition et de la prévalence importante des affections cardio-vasculaires dans les pays industrialisés.

Quelques travaux toxicologiques ou cliniques permettent d'avancer certaines hypothèses. Les polluants atmosphériques pourraient diminuer la capacité des poumons à oxygéner le sang veineux par le biais d'une diminution de la fonction ventilatoire, d'une réaction inflammatoire chronique ou d'un bronchospasme. Ces mécanismes seraient plus particulièrement liés aux polluants particulaires. Cette diminution de la capacité pulmonaire à oxygéner le sang pourrait également passer par le biais d'une diminution de la capacité de l'hémoglobine à délivrer l'oxygène au niveau des tissus périphériques : c'est le cas du monoxyde de carbone et du monoxyde d'azote.

Les effets à long terme des polluants atmosphériques sur l'appareil cardio-vasculaire restent peu étudiés.

#### C.4.2.3 - Asthme et pollution atmosphérique

Cette maladie, à composante génétique, est influencée par l'environnement. Le terrain allergique, génétiquement déterminé, est réveillé par la mise en contact avec les irritants et les allergènes du monde extérieur. Le contact avec des substances allergisantes, des virus ou une pollution déclenche les crises.

L'asthme est la maladie chronique la plus fréquente de l'enfance. Non traité, il peut s'aggraver, altérer définitivement les tissus pulmonaires et se prolonger irrémédiablement tout au long de la vie. A l'extrême, il peut menacer la vie, au moment de l'adolescence notamment.

En France, en 1993, 2 à 3 millions d'asthmatiques ont été recensés (6 % chez les enfants de 8 - 9 ans, 14 % chez les 20 - 24 ans, 7,8 % chez les 40-44 ans). Depuis quelques années, on assiste à une augmentation de la prévalence de l'asthme, à une augmentation de sa sévérité et de sa mortalité. Le

nombre total de décès tous âges dus à l'asthme est ainsi passé de 1 489 en 1980 à 2 130 en 1985 et 2 146 en 1989. Cette évolution rapide, dans des délais aussi courts, ne peut être expliquée que par des modifications de l'environnement et/ou des modes de vie.

Parmi les facteurs environnementaux dont le rôle est aujourd'hui démontré dans cette maladie, peuvent être cités :

- les pneumoallergènes présents dans l'air extérieur (pollens essentiellement) ou dans l'atmosphère confinée des habitations (acariens, phanères d'animaux). Ils jouent un rôle déterminant dans le déclenchement de la maladie ;
- les aérocontaminants non allergéniques favorisant ou aggravant les symptômes de l'allergie respiratoire, de l'hyperréactivité bronchique et/ou de l'asthme (le tabac, les infections virales, les polluants chimiques).
- Le tabagisme maternel pendant la grossesse augmenterait la fréquence des maladies allergiques, en particulier des eczémas, mais probablement aussi de l'asthme chez les enfants ;
- Les infections respiratoires virales de la petite enfance, en augmentation, provoqueraient une plus grande sensibilisation aux allergènes communs par agression des voies aériennes.

Le mode de vie joue également un rôle important dans l'asthme lié notamment à :

- un recours accru aux systèmes de chauffage et à l'isolation avec pour résultat un climat intérieur chaud et humide qui favorise le développement des acariens et des champignons,
- l'évolution des modes de vie qui amène les gens à vivre davantage à l'intérieur.

Le rôle des polluants atmosphériques dans la survenue d'exacerbation de l'asthme est bien établi. De nombreuses études ont démontré que les polluants constituent des facteurs de risque de déclenchement de crises chez les sujets asthmatiques connus. De faibles variations de ces polluants ont en effet été associées à une augmentation significative des consultations d'urgence en ville ou à l'hôpital, des admissions hospitalières pour crises d'asthme, de la consommation médicamenteuse, ainsi qu'à une diminution de la fonction ventilatoire des sujets asthmatiques.

C'est le cas de l'étude E.R.P.U.R.S. menée en Ile-de-France dans la population générale. Ce travail a montré, pour les différents polluants étudiés, une augmentation du nombre de visites médicales à domicile chez l'asthmatique par rapport à la population générale. Les liens entre pollution atmosphérique et asthme restent cependant difficiles à mettre en évidence. La mesure individuelle de l'exposition n'est pas aisée. Les variations de concentration en polluants atmosphériques coïncident souvent avec celles d'autres facteurs de risque, tels que la météorologie, les infections des voies aériennes supérieures et le tabagisme passif chez l'enfant.

Le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France (C.S.H.P.F.) précise dans son rapport de juillet 1993 intitulé "Allergie respiratoire - Asthme - Environnement", que ces faits démontrent "l'existence d'une synergie entre pollution allergisante, pollution chimique et infections virales, toutes trois liées à l'environnement dans lequel évoluent les asthmatiques confirmés et les sujets prédisposés à l'asthme". Il ajoute "*que la connaissance de ces faits ouvre la voie à une prévention active de la maladie, par la mise en œuvre d'actions visant à améliorer la qualité de l'environnement aérien, à l'extérieur et à l'intérieur des locaux, dans le double objectif de réduire les risques de sensibilisation allergique et de diminuer la fréquence et la gravité des crises.*"

#### C.4.2.4 - Allergies et pollution atmosphérique

L'allergie est la conséquence d'une défense excessive vis-à-vis d'une substance étrangère à l'organisme, appelée allergène. Elle résulte de la production anormale par l'organisme d'IgE (Immunoglobulines E) gardées en mémoire pour être spécialement dirigées contre l'allergène.

Depuis quelques années, il est constaté une augmentation de la prévalence des manifestations allergiques respiratoires dans les pays industrialisés. La rhinite et l'asthme sont les deux expressions cliniques principales de l'allergie respiratoire.

Parmi les facteurs environnementaux susceptibles de rendre compte de l'augmentation des maladies allergiques, le rôle des polluants domestiques (incluant l'exposition aux allergènes de l'habitat), celui du tabagisme environnemental, ainsi que celui de la pollution atmosphérique, ont été soulignés.

L'augmentation de la prévalence de ces maladies coïncide avec l'augmentation des concentrations de certains polluants tels que les dioxydes d'azote et de soufre, l'ozone, les particules diesel. Le rôle de la qualité de l'air peut donc être soupçonné.

Les résultats des travaux réalisés sur ce sujet sont cependant très contradictoires. Certains tendent à minimiser le rôle des polluants. D'autres indiquent que les facteurs environnementaux influencent la sensibilisation allergénique directe, les réactions allergiques secondaires, l'activation des réponses inflammatoires non spécifiques et la sévérité de maladies respiratoires tel que l'asthme. Beaucoup d'études épidémiologiques mettent en évidence un surcroît de sensibilisation aux aéroallergènes en milieu urbain par rapport au milieu rural. Le mode de vie occidental, en particulier un excès de contact avec les allergènes domestiques, pourrait expliquer ces différences.

Par contre, l'augmentation de la prévalence du rhume des foins, c'est-à-dire de la sensibilisation aux allergènes de l'environnement extérieur dans les milieux urbains, requiert d'autres explications. La modification des allergènes polliniques dans les zones polluées, leur fixation sur des particules fines inhalables, sont des hypothèses qu'il convient d'envisager.

Devant l'absence de conclusion définitive, des études complémentaires pour mieux évaluer la responsabilité de la pollution atmosphérique sur la recrudescence des manifestations allergiques doivent être menées afin de pouvoir en tirer des conséquences pratiques pour la protection de la population.

#### C.4.2.5 - Bronchopneumopathies chroniques obstructives (B.P.C.O.) et pollution atmosphérique

Les broncho-pneumopathies chroniques obstructives sont surtout représentées par la bronchite chronique et l'emphysème, mais regroupent également l'asthme avec obstruction bronchique chronique et les dilatations des bronches.

De plus, les B.P.C.O. sont reconnues comme une cause majeure de morbidité et de mortalité. En France on estime que 2,5 millions de personnes souffrent de bronchite chronique.

La prévalence de la B.P.C.O. augmente avec l'âge et est actuellement plus élevée pour les hommes que pour les femmes, ainsi que pour les fumeurs, les personnes à faible statut social et celles qui ont exercé des professions caractérisées par des concentrations élevées de particules en suspension.

En ce qui concerne la mortalité, la B.P.C.O. constitue une cause majeure de décès dans les pays développés. En France, ce taux de mortalité a augmenté passant entre 1980 et 1991 de 26,7 pour 100 000 à 29 pour 100 000 chez les hommes et de 12,3 pour 100 000 à 17 pour 100 000 chez les femmes. 12 000 morts par broncho-pneumopathies chroniques obstructives (B.P.C.O.) sont comptabilisés par an.

Il est difficile de déterminer avec précision la prévalence de la B.P.C.O. dans la population en général, parce que le diagnostic de la maladie n'est généralement posé que chez des patients hospitalisés soumis à une série de tests, notamment sur la fonction pulmonaire.

En ce qui concerne les facteurs de cause de la B.P.C.O., comme pour l'asthme, parmi les facteurs de risques connus certains sont génétiques et d'autres liés au comportement :

- Le tabagisme joue certainement un rôle crucial.
- La pollution de l'air aggrave ces affections (hospitalisations et mortalité corrélées à l'augmentation des concentrations journalières de certains polluants. Les polluants incriminés sont les oxydants photochimiques, les oxydes de soufre et les particules mais d'autres travaux sont nécessaires pour déterminer précisément les agents en cause et les effets à court et long termes.

### **C.5 - Conclusion**

Il est désormais établi que la pollution atmosphérique constitue un risque pour la santé. Les études montrent aussi qu'il n'y a pas d'effet de seuil. Ceci signifie que les effets sur la santé se font sentir pour des expositions faibles et pas seulement au-delà de valeurs réglementaires.

Si les effets individuels ne sont pas toujours spectaculaires, il n'en reste pas moins que l'existence d'un faible facteur de risque concernant une population nombreuse conduit à l'émergence d'un réel problème de santé publique.

Cependant, un nombre important d'incertitudes pèse sur la connaissance des effets sur la santé :

En ce qui concerne la mortalité :

- seuls les décès à court terme pour affections respiratoires et cardio-vasculaires peuvent être aujourd'hui associés avec fiabilité à la pollution due aux particules en suspension et au SO<sub>2</sub>
- la pollution acido-particulaire peut avoir un effet sur la mortalité à long terme (mortalité cardio-vasculaire et cancer du poumon). Cependant, les études sont peu nombreuses.

En ce qui concerne la morbidité :

- la pollution générale (SO<sub>2</sub>, particules, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>) provoque des phénomènes inflammatoires (touchant les fonctions respiratoires) et une hyper réactivité bronchique notamment chez les asthmatiques et en particulier chez les enfants (particules). Ces phénomènes inflammatoires se traduisent, à court et à long terme, par des manifestations cliniques qui conduisent à l'accroissement des consultations médicales ou l'utilisation de soins hospitaliers.

- l'hyper-réactivité bronchitique peut faire le lit de la maladie asthmatique. Les différents polluants sont des facteurs déclenchant de la maladie. Les faibles variations des niveaux de pollution sont associés à une augmentation significative des indicateurs de santé (consultations médicales, hospitalisations).
- le risque à court terme de morbidité cardio-vasculaire n'est associé que pour les indicateurs des particules en suspension et le CO.
- le benzène est un cancérigène. Les effets à long terme de la pollution automobile semblent se traduire par un excès de leucémies. Cependant, le tabac et l'alimentation sont des facteurs de confusion importants.
- le CO et le plomb sont susceptibles d'engendrer des effets neuro-comportementaux, le CO en particulier en intoxication aiguë (tunnels et parkings mal ventilés, pollution intérieure), le plomb en intoxication chronique (les niveaux ambiants sont faibles mais participent à l'exposition générale cumulative).

Même si les effets à court terme commencent à être bien étudiés par rapport aux effets à long terme, il n'en reste pas moins vrai que la pollution atmosphérique est un mélange complexe qui ne peut être modélisé simplement (le benzène ne peut représenter toute la famille des carbones organiques volatils). Les corrélations entre les différents indicateurs et notamment NO<sub>x</sub> montrent qu'il n'est pas facile d'attribuer tel effet à tel indicateur (inflammations respiratoires liées à tous les indicateurs, SO<sub>2</sub> souvent associé à particules, CO).

Par ailleurs, les indicateurs de pollution par mesure sur site fixe restent une méthode approximative de la mesure de l'exposition de l'individu à la pollution. On observe pour les polluants automobiles primaires, par exemple, un gradient décroissant en toute direction, la position des capteurs est donc essentielle pour être la plus représentative. Cette connaissance de l'exposition reste donc la principale difficulté pour une bonne évaluation des effets sur la santé. Il faut également tenir compte des facteurs de confusion qui sont nombreux : pollution intérieure, radon, tabagisme, pollens...

Les effets sur la santé des allergènes sont comparables aux effets liés à la pollution atmosphérique (fonction respiratoire notamment). Le rhume des foins est la plus banale des pathologies respiratoires de nature allergique. La pollution atmosphérique, en particulier O<sub>3</sub> et particules, est considérée comme un activateur de l'allergie pollinique tant par la modification des pollens eux-mêmes que par la fragilisation de l'individu allergique.

La pollution atmosphérique apparaît, a priori, comme un problème de santé publique secondaire au regard de grands fléaux nationaux que sont le tabagisme et l'alcoolisme. Pourtant, elle constitue aujourd'hui un nouvel enjeu émergent auquel les pouvoirs publics doivent apporter des réponses structurelles. Il s'agit d'un problème collectif sérieux, qui concerne l'ensemble de la population, qui correspond à une forte pression sociale et doit être traité sans dramatiser en privilégiant la lutte contre la pollution atmosphérique de fond.

## **D/ LES EFFETS SUR LES CONDITIONS DE VIE**

### **D.1 - Les nuisances olfactives**

Si les odeurs ne sont pas des polluants atmosphériques comme les autres, elles sont pourtant considérées comme des nuisances à part entière car elles altèrent régulièrement les conditions de vie de populations qui y sont exposées et pour qui ces nuisances sont des indicateurs d'une pollution atmosphérique. Heureusement, la plupart des composés odorants n'ont que peu d'effets sur la santé, car ils sont détectés à des niveaux très faibles par rapport aux niveaux toxiques. Mais il existe des gaz très toxiques, comme le monoxyde de carbone, qui n'ont aucune odeur.

#### **D.1.1 - Les sources de nuisances olfactives**

Les odeurs sont liées à la présence de molécules particulières dans l'air, produites par des transformations biologiques ou chimiques complexes.

Les principales activités génératrices de nuisances olfactives sont les suivantes :

- Les industries :
  - Activités liées à l'énergie (pétrochimie, gaz naturel, gaz de combustion, chaudières, centrales à charbon, centrales à mazout...),
  - Industries du bois, du papier et de la viscosité,
  - Fabrication et application de peinture aux solvants et polymères, tanneries,
  - Industries de l'agroalimentaire (fabrication du sucre, levures, plats cuisinés, aliments pour animaux...).
- Les déchets ou leur transformation :
  - Elevages intensifs (source ponctuelle, épandage ou traitement des déjections),
  - Traitement d'ordures ménagères,
  - Industries de transformation de sous-produits d'animaux,
  - Industries du compostage.
- Le traitement des eaux usées :
  - Stations d'épuration urbaines
  - Stations d'épuration industrielles
- Les transports :
  - Véhicules particuliers (odeurs à la pompe, émissions des véhicules),
  - Transports en commun (dans les souterrains).
- La restauration.

L'essentiel des problèmes de nuisances olfactives est généré par les substances suivantes :

- amine, ammoniac,
- acides gras volatils,

- aldéhydes,
- composés soufrés,
- mélanges de ces composés.

### **D.1.2 - Caractérisation des nuisances olfactives**

#### **Identification des sources et des composés :**

Chaque composé possède ses propres caractéristiques olfactives et les odeurs élémentaires ne s'additionnent pas au sein d'un mélange. Elles peuvent se renforcer mutuellement voir même s'annuler, selon des phénomènes encore mal connus.

Deux techniques permettent d'identifier et de caractériser les sources d'effluents malodorants. La première, l'approche olfactométrique réalisée grâce à des "jurys d'experts", permet de mesurer les niveaux d'odeurs (ou concentrations) par des méthodes sensorielles normalisées. La seconde, l'analyse physico-chimique, consiste à repérer des produits réellement responsables de l'odeur (souvent présents en quantités extrêmement faibles) en présence d'une multitude d'autres polluants plus concentrés.

Les deux démarches sont complémentaires : l'olfactométrie permet d'évaluer l'importance de la nuisance olfactive et l'analyse physico-chimique apporte des informations sur l'origine des odeurs et permet d'orienter les moyens de les réduire.

#### **Part de la subjectivité dans la caractérisation des nuisances olfactives :**

S'il est reconnu que toute odeur agréable devient désagréable à de très fortes concentrations, la gêne occasionnée est souvent difficile à caractériser, car elle ne dépend pas uniquement de la nature des composés émis et de leurs concentrations. Le caractère agréable ou désagréable d'une odeur dépend pour une large part de son contexte.

Mais de nombreux autres facteurs interviennent dans la caractérisation des nuisances olfactives. Ils sont d'ordre :

- physiologique : stress variant d'un individu à l'autre, maux de tête, etc.
- psychologique : la gêne est souvent associée à une autre nuisance (toxique, sonore...),
- sociologique : les préférences ou les aversions dépendent des codes culturels acquis. C'est pourquoi, malgré une exigence de neutralité pour le cadre de vie, certaines odeurs sont acceptées et reconnues (odeur du pain en France, odeur des conifères associée aux fêtes de Noël et aux promenades en forêt...).

Ces différents éléments expliquent la difficulté à mettre en évidence objectivement la gêne inhérente et la notion de nuisance olfactive qui en résulte. Le risque de nuisance olfactive variant selon l'environnement humain (atelier automobile en agglomération, élevage à proximité d'habitations...), le taux d'acceptation de l'odeur augmente avec la compréhension des sources de nuisances et de leur impact sur la santé.

## **E/ LES EFFETS SUR L'ENVIRONNEMENT ET LE PATRIMOINE BÂTI**

De nombreux polluants atmosphériques émis par les activités humaines détériorent le patrimoine naturel et bâti et diminueraient le rendement de certaines cultures. Si l'état des connaissances des effets sur l'environnement est mince, les principaux enseignements sont présentés ici.

### **E.1 - Impacts sur le patrimoine naturel et les activités rurales**

#### **E.1.1 - Généralités**

##### **L'évolution de la pollution atmosphérique et de ses effets sur l'environnement**

La pollution atmosphérique a évolué au cours du temps aussi bien dans sa nature, son intensité et sa répartition. En conséquence, son impact sur l'environnement s'est modifié :

- Jusque dans les années 1980, la pollution est principalement caractérisée par de fortes concentrations localisées de SO<sub>2</sub> dont les impacts sur la végétation prennent la forme de nécroses foliaires, de mortalités d'espèces sensibles et de la disparition des lichens en ville.
- Puis, suite à l'augmentation des transports, de nouveaux polluants peu phytotoxiques (CO, NO<sub>x</sub>, COV, poussières) donnent naissance à des polluants secondaires responsables des pluies acides et de la formation d'ozone beaucoup plus phytotoxiques.

##### **Les effets dépendent de la concentration des polluants**

Si les polluants n'ont pas tous la même phytotoxicité, leurs effets dépendent avant tout de leur dose qui est le produit de leur concentration dans l'air par le temps d'exposition.

Mais à dose égale, la réaction d'une plante à un polluant dépend aussi de la dynamique de cette dose : de fortes concentrations, comme lors de pics de pollution, sur des temps courts ont plus d'effets que lors d'une situation inverse. Le facteur concentration est donc plus important que le facteur temps.

##### **Les effets dépendent de la sensibilité de la plante**

L'entrée de la pollution gazeuse dans les plantes se fait par les stomates, petits orifices situés sur l'épiderme des végétaux, nécessaires pour la respiration ou la photosynthèse et dont la plante peut modifier la taille.

A l'intérieur de la feuille, la présence des différents polluants gazeux entraîne avant tout un stress oxydatif (formation de radicaux OH<sup>•</sup>, O<sub>2</sub><sup>-</sup>, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, blocage des stomates, destruction des chloroplastes puis des cellules et des nervures). La plante possède tout un arsenal enzymatique et biochimique d'antioxydants, plus ou moins efficaces pour lutter contre ce stress.

Parallèlement, tous les facteurs abiotiques (température, CO<sub>2</sub>, lumière, composition du sol, humidité, etc.) et biotiques (âge, maladies, paramètres génétiques, etc.) qui modifient la physiologie du végétal, vont modifier sa réponse à un polluant donné.

Pour chaque polluant, il existe donc une échelle spécifique de sensibilité des différentes espèces de plantes.

Il est à noter que les aiguilles de résineux sont encore plus sensibles que les feuilles car elles durent de 5 à 7 ans et filtrent plus intensément les émissions ce qui entraîne leur chute prématurée.

La sensibilité des lichens au **dioxyde de soufre** a permis, en fonction de la présence ou l'absence de certaines espèces, de définir un indice de pureté atmosphérique ou, en mesurant la concentration de polluants dans les tissus, d'établir des courbes de concentration en polluants.

### Les effets de la pollution atmosphérique sur les écosystèmes sont multiples

- Les effets peuvent être directs ou indirects :

- *directs*, lorsque les polluants agissent spécifiquement sur l'un des constituants des écosystèmes terrestres ou aquatiques,
- *indirects*, lorsque l'action des polluants sur l'un des constituants d'un écosystème entraîne des altérations des autres constituants et en perturbe le fonctionnement.

- Les polluants atmosphériques peuvent agir de différentes façons sur la productivité primaire :

- En inhibant la photosynthèse :
  - action directe sur l'appareil photosynthétique
  - en provoquant la défoliation (chute des feuilles).
- En entravant la croissance des organismes végétaux :
  - en affectant l'appareil racinaire et donc l'absorption des éléments minéraux nutritifs indispensables à l'assimilation chlorophyllienne,
  - en agissant sur les méristèmes (tissu végétal situé dans les régions de croissance de la plante) des végétaux supérieurs, diminuant alors la croissance de la plante.

- L'impact des polluants sur les communautés végétales peut-être divisé en trois groupes selon la gravité des effets (Smith, 1974) :

- Classe I, correspond à une faible charge en polluant, seules des analyses chimiques permettent de déceler les premiers indices d'accumulation du polluant.
- Classe II, résulte de concentrations intermédiaires en polluants. Les plantes montrent :
  - une réduction de croissance,
  - une mortalité accrue dans les populations d'espèces les plus sensibles,
  - une reproduction réduite,
  - une diminution de productivité primaire et de biomasse.
 Au niveau de la communauté végétale on observe :
  - une modification de la structure des peuplements,
  - une vulnérabilité accrue de l'écosystème.
- Classe III, se traduit par une forte mortalité dans les populations végétales résultant d'intoxications aiguës.

Ainsi, le SO<sub>2</sub>, les photo oxydants, l'ozone, la plupart des pesticides et divers composés organochlorés sont susceptibles de perturber la production primaire.

### Niveaux critiques de l'ozone

Des travaux de recherche sont menés au niveau national et international en vue d'évaluer les impacts de l'ozone sur les écosystèmes et ont permis la détermination de doses d'exposition à l'ozone à ne pas dépasser pour préserver la végétation d'effets indésirables. Ces doses, qualifiées de "niveaux critiques" découlent de travaux de recherche conduits dans le cadre de la commission économique des Nations Unies pour l'Europe (UN/ECE) et d'un groupe de travail sur les effets au sein duquel le Service Recherche Impacts et Milieux de l'ADEME représente la France. Dans ce

cadre, un important programme d'expérimentations incluant une vingtaine de pays européens étudie les effets de l'ozone sur quelques végétaux types afin d'établir des relations doses réponses et développer des modèles d'évaluation des conséquences, notamment sur le rendement des cultures. La contribution scientifique française à ce programme est assurée par l'Université de Pau et des pays de l'Adour.

Les "niveaux critiques" issus de ces travaux sont par ailleurs utilisés pour guider, sur la base de critères d'impacts, les réductions des émissions polluantes auxquelles il conviendrait d'aboutir au plan international afin de préserver les milieux naturels d'effets indésirables liés à la pollution de l'air.

Ces effets ont justifié en Europe la fixation de seuils de précaution d'ozone pour la protection des végétaux. Les valeurs retenues dans la directive européenne du 21 septembre 1992 sont de 200 micro grammes/m<sup>3</sup> sur 1 h et de 65 micro grammes/m<sup>3</sup> sur 24 h.

Dans le cadre de la CEE/ONU et de la convention de Genève sur la pollution de l'air à longue distance, des valeurs d'exposition à l'ozone au-delà desquelles des effets peuvent se produire sur la végétation (niveaux critiques) ont également été proposées. Ces valeurs (**AOT 40** pour Accumulated Ozone over a Threshold of 40 ppb) s'expriment en doses cumulées d'ozone à ne pas dépasser au-delà d'une valeur de référence de 40 ppb, et sur des durées qui sont fonction des effets et des végétaux cibles.

#### Calcul des AOT40 et niveaux critiques

Les niveaux critiques à long terme pour l'Ozone (O<sub>3</sub>) sont exprimés à partir d'une exposition cumulative au-dessus d'une concentration de 40 ppb. Cet index d'exposition appelé AOT40 est calculé en faisant la somme des différences entre les concentrations horaires (en ppb) et 40 ppb à chaque heure pendant laquelle la concentration excède 40 ppb. Les heures durant lesquelles la concentration est inférieure à 40 ppb ne seront pas prises en compte, ce qui revient à calculer les AOT40 comme la somme des différences entre les concentrations horaires et 40 ppb pour les périodes de référence, en mettant à zéro les termes négatifs. Cette définition nous donne la formule suivante :

$$AOT40 = \sum_{i=1}^N \max(c_i - 40, 0)$$

où  $c_i$  est le relevé de la concentration en ozone pour l'heure  $i$  pour une station donnée.

Une large partie de l'Europe peut être soumise à des niveaux d'ozone qui peuvent excéder ces niveaux critiques. Afin d'évaluer plus précisément ces dépassements pour la France au cours des dernières années, une étude géostatistique et cartographique sur la climatologie de l'ozone a été menée à partir des données issues des stations de surveillance du territoire français. La cartographie des excédents des niveaux critiques ne doit pas être convertie immédiatement en une chute de rendement mais doit être utilisée comme un indicateur de degré de risque écologique.

La pollution photochimique caractérisée par des niveaux anormalement élevés d'ozone dans la troposphère se manifeste surtout au printemps et en été. Elle peut provoquer des dommages sur la végétation : perturbation du métabolisme et de la photosynthèse, baisse de productivité, apparition de nécroses foliaires,... Certaines cultures sont connues pour être sensibles à l'ozone, comme le coton, le tabac, les tomates, les pommes de terre, le colza, le soja, la pastèque, les arbres fruitiers, les vignes et autres cultures vivaces.

### **Le développement de lésions visibles**

La reconnaissance visuelle des lésions induites par un polluant est une première indication de l'augmentation de la concentration de ce polluant. Si les nécroses dues aux polluants favorisent l'établissement de diagnostic des pollutions atmosphériques, elles ne sont pas toujours faciles à distinguer d'effets physiologiques dus au gel, sécheresse, maladies, attaque d'insectes...

#### **E.1.2 - Forêts et pollution atmosphérique**

Les forêts sont des systèmes complexes composés de divers éléments biotiques et abiotiques et influencés par de nombreux facteurs d'agression naturels (insectes, champignons...) et d'origine humaine. Parmi les facteurs anthropiques observés, les dépôts atmosphériques de polluants dans les écosystèmes forestiers présentent un intérêt majeur étant donné qu'ils affectent de vastes zones de forêts et ne se limitent pas à des sites particuliers.

#### **Voies de dépôt**

La quantité de dépôt dépend de la pluviosité et de l'interception variable selon l'essence forestière et la densité de peuplement.

Parmi les dépôts atmosphériques totaux, on distingue les dépôts humides, c'est-à-dire les chutes de pluie ou de neige et les dépôts secs. Les dépôts peuvent aussi pénétrer dans l'écosystème par l'eau des nuages ou le brouillard, où l'on trouve souvent des concentrations d'oligo-éléments deux à trois fois plus élevées que dans l'eau de pluie.

Les dépôts secs englobent les dépôts gazeux et les dépôts de particules (principalement les poussières et les métaux lourds).

Les dépôts ont des impacts indirects en acidifiant et en fertilisant les sols portant les forêts.

#### **L'observation des effets**

L'état des connaissances actuelles sur le dépérissement des forêts résulte de travaux de recherche pluridisciplinaires conduits dans plusieurs pays européens.

La France dispose de 3 réseaux complémentaires d'observation de l'impact des phénomènes environnementaux (dont la pollution atmosphérique) sur le feuillage des arbres et sur les sols forestiers :

- Le réseau des **correspondants-observateurs** mis en place en 1989 (12 correspondants en région Centre) chargés de localiser, si possible de déterminer les problèmes phytosanitaires et de transmettre directement leurs observations.
- Le réseau européen de **suivi des dommages forestiers** mis en place en 1988-89 dans le cadre du règlement CEE 3528/86 sur la "protection des forêts contre la pollution atmosphérique". La région Centre dispose de 43 placettes forestières qui font l'objet de plusieurs observations et notations annuelles.
- Le réseau **RENECOFOR** (Réseau National de suivi à long terme des ECOsystèmes FOrestiers) mis en place à partir de 1992 en France et dans 33 autres pays européens (Résolution SI de la Conférence de Strasbourg de 1990). La France dispose de 102 placettes dont 6 en région Centre.

## Principales conclusions des recherches européennes

Après avoir largement incriminé les pluies acides, on a soupçonné l'ozone d'être en partie responsable de la dégradation de la santé des forêts d'Europe et d'Amérique du Nord, l'autre hypothèse accordant un rôle plus grand aux modifications de l'écosystème (par SO<sub>2</sub> et NO<sub>x</sub>).

Si la pollution atmosphérique n'apparaît pas en général, en facteur principal, son maintien au niveau actuel et, a fortiori, une augmentation des concentrations de substances nocives dans l'atmosphère est reconnue comme un élément qui porterait préjudice à la vitalité des écosystèmes forestiers (effets indirects).

On parle maintenant plutôt d'un faisceau de causes en relation les unes avec les autres. Les atteintes provoquées par les émissions sont amplifiées par le climat, le mode de plantation plus ou moins bien adapté dans un contexte donné et relayées par les insectes et les champignons.

La pollution n'a probablement pas causé de disparition d'espèce<sup>1</sup>. La probabilité pour que des caractères génétiques d'une espèce soient perdus sous l'effet d'un facteur de stress comme la pollution est faible. Mais la pollution est, de façon très localisée, un facteur de sélection.

## Les polluants intervenant dans le dépérissement des forêts

➤ Le **dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>)** est un gaz qui peut être transporté sur des distances importantes (pollution diffuse). Le SO<sub>2</sub> représente un des aéropolluants ayant donné lieu aux recherches les plus approfondies au plan écotoxicologique. Sa toxicité pour les plantes est connue depuis longtemps, puisque dès la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle, en Sicile, on le rendait responsable de la disparition de tout végétal aux environs d'installations servant à purifier le soufre.

### • Le SO<sub>2</sub> principal responsable des pluies acides :

Le SO<sub>2</sub> s'oxyde en acide sulfurique à parts égales en phase gazeuse et en phase liquide dans les aérosols et les nuages.

La chaîne d'oxydation en phase gazeuse nécessite la présence de rayonnement solaire.

De même, le NO<sub>2</sub> (formé à partir du NO lui-même produit par les combustions) se transforme en acide nitrique.

Acides sulfurique et nitrique constituent les acides forts principaux dont résulte le phénomène des pluies acides (acide sulfurique 70 % et le reste essentiellement acide nitrique ; Ramade - 1987).

### • Mécanisme d'action du SO<sub>2</sub> sur les végétaux :

- Le SO<sub>2</sub> est très toxique pour les végétaux (plus que pour les animaux) dès de faibles concentrations. Il agit directement sur la chlorophylle à l'intérieur des cellules et élimine le magnésium. Se crée alors une molécule dérivée de la chlorophylle qui est incapable de fixer le CO<sub>2</sub>, la photosynthèse est alors inhibée. La dégradation du système photosynthétique est suivie de lésions cellulaires et de lésions du parenchyme (tissu cellulaire des végétaux). On observe alors des

<sup>1</sup> ONF, 1994 : L'action de la pollution atmosphérique sur la santé des forêts

nécroses du parenchyme de couleur brun orangé. Après une pollution, le feuillage repousse, mais une série d'attaques répétées peut ralentir la croissance de l'arbre.

Les conifères sont très sensibles au SO<sub>2</sub>, dès 10 ppb on observe une baisse de la productivité et pour des concentrations de 80 ppb les conifères ne se développent plus.

- Les effets des pluies acides sur les écosystèmes forestiers sont complexes, car ils résultent d'un ensemble d'effets se manifestant :  
 - au niveau foliaire  
 - racinaire.

Ils comportent également des actions indirectes se traduisant par une augmentation de la sensibilité des arbres aux attaques d'insectes et aux maladies.

D'autre part, l'accroissement des dépôts acides augmente également le lessivage de l'azote des sols, mais aussi des ions nutritifs (Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>, K<sup>+</sup>). Ainsi, il y a un effet indirect sur la croissance des arbres.

Enfin, une autre cause de l'action des pluies acides sur la productivité des forêts résulte de l'action toxique de l'aluminium mis en solution par l'acidification des sols. Il a été montré qu'en dessous d'un pH de 5,5, la solubilité de l'aluminium croît rapidement. Or cet élément est très toxique pour les racines des végétaux, des arbres en particulier (Ulrich, 1979 et 1980). Les déficiences du système racinaire nécrosé par les sels d'aluminium toxiques, vont se traduire par une diminution de l'absorption des sels minéraux nutritifs et de l'eau, donc par une moindre croissance et un affaiblissement physiologique des arbres poussant sur des terrains acides. Ce phénomène est surtout effectif pour les sols calcaires.

• **Etudes réalisées sur l'impact du SO<sub>2</sub> sur les forêts** <sup>2</sup> :

Etude de : Havas et Huttenen, 1980

Lieu : Finlande

Concentrations : de 14 à 19 ppb de SO<sub>2</sub>

Effets : de nombreux désordres physiologiques qui se traduisent par des atteintes de l'appareil photosynthétique. On observe une hausse de la teneur en soufre des aiguilles qui atteint 1,35 % par rapport à leur poids sec contre 0,8 % dans les zones non polluées.

Etude de : Grodzinski, 1984

Lieu : Pologne, forêt de Niepolomice

But : étude des variations de la productivité primaire en fonction de la teneur en SO<sub>2</sub> de l'atmosphère.

Espèce étudiée : Conifères (Pinus sylvestris)

Effets : après une légère hausse de productivité liée à l'apport de sulfates aux sols, se produit ensuite une décroissance de productivité déjà significative pour des concentrations moyennes en SO<sub>2</sub> de 23 µg/m<sup>3</sup>

En Allemagne ex-fédérale, au milieu des années 80, plus de la moitié des forêts étaient atteintes de dépérissement (Ministère de l'Agriculture et des Forêts de RFA, 1986).

En Suisse, la plupart des forêts du Nord-Ouest du pays présentaient un préoccupant phénomène de dépérissement (Mehr, 1989).

---

<sup>2</sup> Les études citées sont extraites du Précis d'écotoxicologie de F. RAMADE

Les recherches réalisées en Europe et en Amérique du Nord ont mis en évidence une corrélation incontestable entre le phénomène de pluie acide et le dépérissement des forêts (Postel, 1984 ou Mc Cormick, 1990).

➤ Rappelons que les **oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>)**, polluants primaires, participent à la formation des précipitations acides.

Bien que le peroxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) soit phytotoxique, cette toxicité pour les plantes ne se manifeste qu'à des concentrations supérieures à 0,5 ppm qui ne se rencontrent qu'accidentellement et pendant une durée limitée.

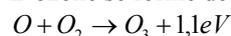
Mais par l'apport de nitrate et d'ammonium, les dépôts azotés peuvent aussi engendrer des phénomènes d'hyper-fertilisation des sols et de la flore forestière. De récents inventaires de croissance ont décelé une accélération de la croissance des arbres dans plusieurs régions d'Europe. On pense que les dépôts atmosphériques d'azote ont contribué à cette poussée de croissance, conjointement avec l'enrichissement en CO<sub>2</sub> et d'autres facteurs. On soupçonne que cette croissance accélérée, redoublée dans certains cas d'une pénurie de macro éléments, diminue la résistance aux insectes, aux champignons et aux gelées. De plus, le rapport pousse/racine et la hauteur générale des arbres augmentent, ce qui entraîne un risque de dommages en cas de neige, de tempête et de stress hydrique.

En forêt, l'impact des dépôts acidifiants et azotés est un facteur déstabilisant dans des conditions nutritives critiques, en période de sécheresse par exemple. Ils peuvent provoquer des dépérissements, qui traduisent souvent un stress passé ou qui s'est accumulé depuis de nombreuses années.

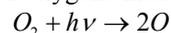
➤ **L'Ozone et les Péroxyacétylnitrates (PAN)** sont des polluants oxydants secondaires issus de l'action des radiations ultraviolettes sur des polluants primaires.

• L'**ozone (O<sub>3</sub>)**, dont le niveau tendrait à augmenter du fait des activités humaines, est considéré comme un des composés photochimiques les plus abondants.

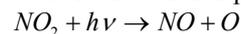
L'ozone se forme de la façon suivante :



Sachant que l'oxygène atomique (O) peut provenir de façon naturelle de la décomposition de l'oxygène moléculaire provoquée par les radiations ultraviolettes :



ou de la dissociation photochimique de NO<sub>2</sub>, présent en atmosphère polluée :



L'ozone endommage la cuticule des feuilles et des aiguilles, ferme les stomates ou attaque les chloroplastes; les cellules, les aiguilles, les feuilles jaunissent puis tombent. Il provoque des taches ponctuelles (blanches ou marron) ou une chlorose touchant la face supérieure de la feuille. Il est considéré comme 2 ou 3 fois plus toxique que le dioxyde de soufre.

A certains seuils de concentration, l'ozone pourrait avoir un effet dépressif sur la physiologie de la croissance des espèces forestières en provoquant une sénescence précoce des tissus pour la plupart des espèces. Mais les concentrations sont mal connues et les effets sont variables selon les régions.

Les effets de l'ozone semblent s'intensifier lorsque le sol présente une carence minérale due à l'acidification.

Les zones concernées peuvent se trouver loin des centres de pollution et la pollution semble se concentrer dans des secteurs bien délimités où topographie et aléas climatiques jouent un rôle. Les concentrations mesurées sont maximales en milieu forestier (le monoxyde d'azote NO en ville se transforme en NO<sub>2</sub> par réduction de l'O<sub>3</sub>).

Des études et observations prolongées effectuées sur différents sites révèlent que les feuillus sont plus sensibles à l'ozone que les conifères<sup>3</sup>. En particulier le hêtre et le chêne, les espèces d'érable, le peuplier et le cerisier présentent une atteinte des feuilles plus spécifique que l'épicéa commun, le sapin ou le mélèze.

Autres arbres connus pour être sensibles à l'ozone sont : le mélèze, pin cembro (étude du Parc du Mercantour), pin d'Alep, le pin noir d'Autriche, le noyer. Lors des attaques, se manifestent souvent des nécroses des tissus, du gaufrage ou de la chlorose.

#### Niveau critique de l'ozone pour les forêts

	AOT 40	Période de référence
<b>Forêts</b>	10 000 ppb.h	du 1er avril au 1er octobre

Ce niveau critique est basé sur des données de chambres à ciel ouvert sur des plants de hêtres (*Fagus sylvatica* L.). Il ne peut donc être utilisé que pour modéliser et cartographier les excédents, et non pour estimer une quantité de perte de biomasse ou pour une évaluation économique de l'impact de l'ozone sur les forêts.

De tous les polluants étudiés relevés dans les zones boisées éloignées, l'ozone affiche probablement le plus haut degré de phytotoxicité qui dépend de la concentration, de la durée d'exposition, et est supposé être un des principaux facteurs contribuant au phénomène de déclin observé dans les forêts aujourd'hui, notamment dans le Sud de l'Europe<sup>4</sup>.

- Les PAN possèderaient une phytotoxicité encore plus grande que celle de l'ozone (in Guderian, 1985). Ils sont issus des réactions suivantes : l'ozone formé va ensuite réagir avec d'autres aéropolluants, les hydrocarbures imbrûlés, pour produire des peroxyacyles. Ces derniers réagissent ensuite avec le NO<sub>2</sub> présent dans l'air pour former des Peroxyacétylnitrates (PAN). Ces photo-oxydants présentent une phytotoxicité considérable qui se manifeste à des concentrations de quelques ppm.

Les PAN attaquent de façon préférentielle le limbe foliaire et les structures cellulaires photosynthétiques. Ils créent des lésions qui se traduisent par une couleur de la feuille argentée, cendrée puis bronzée. Les lésions progressent de la pointe vers la base au fur et à mesure de la maturation du feuillage. Les PAN inhibent la photosynthèse et par suite ralentissent la croissance des plantes exposées à de faibles concentrations de ces substances.

#### . Etude réalisée sur les impacts du PAN sur les forêts

Etude de : Miller, 1975

Lieu : Californie

Espèce étudiée : *Pinus ponderosa*

3 CEE/NU et CE : Etat des forêts en Europe, Rapport de synthèse 1999, 31 p.

4 CEE/NU et CE : Etat des forêts en Europe, Rapport de synthèse 1999, 31 p.

Résultats : la comparaison de la croissance annuelle des arbres pendant différentes périodes et en différents lieux a mis en évidence un effet important sur la productivité primaire. Celle des arbres situés en zone polluée par les photo-oxydants a été 5 fois plus faible sur une période de 30 ans.

➤ Les **métaux lourds** (tels que le plomb, le cadmium, l'étain, le mercure) peuvent être transportés sur de grandes distances. Ils pénètrent par les feuilles ou par les racines sous forme de sels dissous et perturbent les processus enzymatiques. L'accumulation de métaux lourds menace également les mycorhizes et la micro-faune du sol.

➤ Les **composés fluorés** génèrent sur les feuilles des zones d'aspect huileux et flasque de couleur ivoire, brun et noir qui s'étendent sans tenir compte des nervures. Une ligne de démarcation de couleur brun-rouge est reconnaissable entre tissus atteint et sain. Les effets du fluor sont longs à se manifester mais, une fois apparus, progressent constamment.

#### ➤ Impacts de l'effet de serre

La modification du régime thermique, des précipitations et de la réserve en eau des sols et l'influence directe de l'augmentation du CO<sub>2</sub> vont avoir des effets différents suivant les espèces d'arbres, les régions, les sols.

Si la prévision de l'évolution globale est difficile dans l'état actuel des connaissances, quelques grandes tendances de l'évolution possible peuvent néanmoins être dégagées :

#### • Influence de la modification du régime thermique

##### - Influence sur la période de débourrement et les dégâts de gelées tardives

Le débourrement des arbres est synchronisé avec le cycle annuel de la température qui constitue le facteur principal conditionnant le développement des bourgeons. Pendant la période de repos automno-hivernale, une exposition plus ou moins longue, selon les espèces, à des températures comprises entre - 5°C et + 5°C est nécessaire pour lever la dormance des bourgeons. Le développement de ces derniers va alors dépendre de l'augmentation des températures.

Un débourrement trop précoce a fréquemment pour conséquence des dégâts de gelées qui peuvent compromettre le développement et la croissance de certaines espèces. Les risques importants de dégâts de gelées tardives ne se rencontrent pas uniquement dans les zones les plus froides, mais concernent aussi des zones à climat plus doux, océanique par exemple.

En France, pour les espèces dont le débourrement est essentiellement conditionné par le relèvement thermique printanier comme les résineux (sapins pectinés, épicéas et douglas verts), une augmentation de 2°C ne diminuerait pas les risques de dégâts de gelées tardives et sans doute les accroîtraient. Par contre, en ce qui concerne les feuillus, l'intervention de phénomènes physiologiques liés au photopériodisme pourrait avoir pour conséquence de diminuer le risque de gelées tardives.

#### • Influence du réchauffement en automne et en hiver sur la croissance et la résistance aux froids hivernaux

En automne, le réchauffement pourrait avoir un aspect positif en retardant l'apparition des premières gelées qui constituent un facteur limitant dans certaines régions (En France : Nord-Est et zones de montagne) pour certaines espèces résineuses et feuillues (cèdres, douglas, épicéas de Sitka, peupliers) à période de croissance longue et tardive.

Par ailleurs la croissance, notamment la croissance en hauteur, est étroitement liée à la température. Le réchauffement pourrait être un facteur d'amélioration de la production en zones septentrionales

et montagnardes. Pour certaines espèces à feuilles caduques (mélèzes d'Europe, chênes pédonculés) il semble qu'au contraire le réchauffement pourrait avoir pour effet de rendre plus précoce la sénescence des feuilles.

L'augmentation des températures en automne et en hiver pourrait rendre certaines espèces plus sensibles aux froids hivernaux (climat caractérisé par des possibilités de baisse importante et rapide des températures). En effet, la tolérance des tissus végétaux au froid (endurcissement) est conditionnée par la baisse progressive des températures en automne.

#### • Influence de la modification des précipitations et de la réserve en eau dans le sol

##### Importance de l'interaction du régime hydrique avec les autres paramètres

La modification du régime hydrique en interaction avec les autres paramètres (accroissement de la concentration en CO<sub>2</sub> et de la température), devrait être l'élément le plus déterminant à moyen terme pour les arbres et les peuplements forestiers.

L'augmentation des températures et les modifications de l'importance et de la répartition des précipitations vont entraîner une augmentation de l'évapotranspiration, paramètre qui est aussi sous la dépendance d'autres facteurs (énergie radiative, humidité de l'air et vent). Si les températures augmentent et si la pluviométrie est plutôt déficitaire en été, la croissance en sera affectée et la survie de certaines espèces pourra être compromise.

#### • Influence des caractéristiques du sol

Une baisse importante des précipitations estivales liées à une augmentation des températures entraînerait un accroissement des contraintes hydriques qui se traduirait par des dépérissements et une disparition de la forêt dans les zones à réserve hydrique faible.

Les arbres des zones actuellement favorables, caractérisés par une biomasse aérienne très importante à forte capacité évapotranspiratoire et donc totalement inadaptés à une situation de sécheresse chronique, devront réduire leur biomasse et rééquilibrer leur fonctionnement hydrique global. L'espèce considérée pourrait se maintenir mais avec des arbres ayant une croissance limitée.

#### • Influence de l'augmentation du CO<sub>2</sub>

En dehors de l'influence des changements climatiques, le fonctionnement écophysologique des arbres et des peuplements forestiers sera influencé directement par l'augmentation du gaz carbonique dans l'atmosphère.

- Lors des expérimentations, la plupart effectuées sur de jeunes plants cultivés en conditions contrôlées et souvent sur de très brèves périodes (quelques mois à peine), on observe généralement une augmentation de l'assimilation de CO<sub>2</sub> (photosynthèse nette). Les résultats obtenus sur différentes espèces forestières font aussi ressortir une augmentation de 46 % de la croissance en biomasse avec un doublement de la concentration en CO<sub>2</sub>.

- Chez beaucoup d'espèces, on observe une diminution de l'ouverture des stomates en conséquence de l'augmentation de concentration en CO<sub>2</sub> de l'air, considéré comme un facteur de réduction de l'évapotranspiration des peuplements forestiers. Mais toutes les espèces ne présentent pas de réduction de l'ouverture des stomates, c'est le cas du hêtre, du bouleau et de l'épicéa de Sitka.

### E.1.3 - Les effets sur la végétation semi-naturelle

La végétation semi-naturelle est la végétation autre que les cultures (ex.: prairies naturelles contrôlées, sous-bois, alpages...).

➤ Dans les milieux forestiers, les **dépôts acides** favorisent une microflore délétère diminuant l'absorption minérale.

Pour que les lichens puissent se développer normalement, il faut que les concentrations en SO<sub>2</sub> soient inférieures à 38 ppb.

➤ Le processus d'hyper-fertilisation dû aux **dépôts azotés** (enrichissement en NO<sub>3</sub><sup>-</sup> et NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) favorise le développement d'une flore nitrophile et peut modifier à terme la composition générale d'un tapis herbacé.

➤ Les analyses de données d'expérimentation sur des espèces de communautés de plantes semi-naturelles indiquent que des réductions d'accroissement de biomasse ou de production de graines peuvent apparaître quand la valeur AOT40 pour l'**ozone**, calculée à partir d'une période de trois mois durant les heures d'ensoleillement, excède 3000 ppb.h (Ashmore, 1996).

#### Niveau critique de l'ozone pour la végétation semi-naturelle

	AOT40	Période de référence	Effets à long terme
<b>Végétation semi-naturelle</b>	3 000 ppb.h	3 mois consécutifs : mai, juin, juillet pour l'Europe du Nord	Réduction d'accroissement de la biomasse ou de production de graines

Ce niveau critique est le même que pour les cultures, ce qui est cohérent avec les études montrant que la sensibilité innée des espèces les plus sensibles de végétation semi-naturelle est similaire à celle des cultures les plus sensibles. Donc, ce niveau critique peut être appliqué à la végétation semi-naturelle. Comme pour les cultures, le niveau critique doit être comparé aux valeurs AOT40 calculées sur la période de trois mois pendant laquelle la végétation semi-naturelle est la plus active. A cause du manque de données expérimentales à long terme et les incertitudes de l'excédent, ce niveau critique doit être interprété avec précaution.

Cette valeur est applicable uniquement quand l'humidité du sol n'est pas limitée. Toutefois, les données ne sont disponibles que pour un nombre limité d'espèces herbacées d'Europe du Nord et d'Europe Centrale. Il n'y a pas d'information disponible sur la réaction sur plusieurs saisons.

➤ La pollution par les **pesticides (ou produits phytosanitaires)** provient essentiellement de leur volatilisation, par entraînement avec la vapeur d'eau depuis les surfaces d'épandage. Seule une partie des pesticides atteint son but, le reste tombe sur le sol et atteint la nappe phréatique après lessivage. Les pesticides peuvent sous forme d'aérosols être transportés à plus de 5 000 km et contaminer les écosystèmes voisins. Ces mécanismes de transports atmosphériques et de retombées ont été mis en évidence pour des organophosphorés et des PCB en analysant la neige au Canada (Gregor et Gummer, 1989).

Certains pesticides à base d'hydrocarbures chlorés ont une période biologique de plusieurs années. Des pesticides moins persistants peuvent soit être rapidement décomposés dans le sol par des microorganismes (par exemple herbicides à base d'urée) ou sont chimiquement instables (par exemple le parathion dans des solutions aqueuses), ils se décomposent en l'espace de quelques jours

à quelques semaines. Les molécules des herbicides les plus largement employés sont détruites par les ondes courtes de la lumière du soleil.

Une partie non négligeable du tonnage utilisé en France est imputable à la vigne et surtout au soufre dont le niveau de toxicité (humaine et écologique) est faible par rapport aux autres produits.

Utilisation moyenne des pesticides en France : 3 kg/ha/an

Les pesticides se répartissent en différents groupes, selon leur cible :

herbicides → plantes	acaricides → acariens
défoliants → chute des feuilles	nématicides → nématodes (vers vivants dans le sol)
bactéricides → bactéries	insecticides → insectes
fongicides → champignons	rodenticides → rongeurs
molluscides → escargots	

• **Etudes réalisées sur les impacts des pesticides sur les végétaux :**

**- Les herbicides**

Etude de : Ukeles, 1962

Résultats : de très faibles concentrations d'herbicides du groupe des Urées substituées et des Carbamates inhibaient fortement le phytoplancton.

Etude de : Gunkel, 1983

Résultats : l'Atrazine a un fort potentiel d'inhibition sur le phytoplancton et les algues d'eau douce.

Etude de : Coacoulou et Echaubard, 1987

Résultats : les herbicides utilisés en agriculture intensive, plus particulièrement le Chlortoluron et la Simazine, présentent un impact très important sur les algues filamenteuses et le phytoplancton dans des biotopes lenticques (mares naturelles résultant de l'accumulation de l'eau de ruissellement dans les zones cultivées au niveau de bas-fonds).

**- Les insecticides**

Etude de : Goulding et Ellis, 1981

Résultats : des insecticides organochlorés comme le DDT se sont montrés toxiques pour la croissance des algues d'eau douce.

Etude de : O'Connors, 1978

Résultats : des concentrations de PCB comprises entre 1 et 10 ppb peuvent provoquer une diminution notable de la biomasse totale ainsi que de la taille cellulaire du phytoplancton.

Des concentrations identiques de PCB inhibent aussi la synthèse de chlorophylle après 3 à 4 jours sans toutefois modifier de façon significative l'activité photosynthétique.

Etude de : Fischer, 1975

Résultats : le DDT (à 50 ppb), mais aussi les PCB (à 10 ppb) peuvent réduire significativement la production primaire de deux espèces de Diatomées marines (algues).

Remarques :

- la concentration de 10 ppb en PCB, même si elle peut localement se rencontrer dans les eaux côtières près des zones industrielles, est environ 100 fois plus forte que la concentration moyenne en PCB qui s'observe dans les eaux de surface.

- toutefois, il existe une synergie entre les actions du DDE et des PCB présents dans l'océan.

- même si l'impact sur la productivité primaire est discutable, il n'empêche que la présence de ces substances entraîne un déséquilibre du spectre des espèces au profit des espèces résistantes et est susceptible d'entraîner une bio accumulation de ces substances dans les niveaux trophiques.

#### - **Autres effets constatés de certains pesticides**

Etude de : Maule et Wright, 1983 et 1984

Résultats : L'action inhibitrice du Diuron, du Propanil et du Chlorpropham sur la photosynthèse de cyanophycées et d'algues vertes a été démontrée.

L'atrazine est le pesticide le plus utilisé. C'est une molécule cancérigène. A titre d'exemple, la norme européenne de potabilité de l'eau distribuée est de 0,1 µg/l pour l'atrazine. Les différentes molécules d'atrazine sont solubles et passent facilement dans les nappes. L'atrazine est très toxique pour les algues et le phytoplancton d'eau douce.

Les urées substituées, hydrosolubles sont moins toxiques pour l'homme, mais elles sont très toxiques pour le phytoplancton où des concentrations de l'ordre de 1 ppb ont des effets très importants.

#### ➤ **Impacts de l'effet de serre**

##### • Impacts sur les rendements

Pour ce qui est des prairies, les températures printanières plus élevées joueraient en faveur d'une meilleure production précoce, mais l'augmentation estivale pourrait avoir l'effet contraire, celui-ci étant tempéré par la plus grande concentration atmosphérique en CO<sub>2</sub>. La réaction des surfaces prairiales sera également fonction du niveau d'alimentation minérale, ce qui en fait, du fait de leur sensibilité à la sécheresse, des zones à l'équilibre délicat.

##### • Impacts sur la biodiversité

Les légumineuses prairiales répondraient vraisemblablement mieux que les graminées à l'augmentation de la concentration atmosphérique en CO<sub>2</sub> : on peut donc également s'attendre à des changements floristiques, voire de la biodiversité.

#### **E.1.4 - Les effets sur les cultures**

##### **Impacts physiologiques et métaboliques**

Après absorption des polluants, des "dommages" physiologiques et métaboliques apparaissent si la plante ne peut pas réparer ou compenser les dysfonctionnements cellulaires consécutifs à l'absorption des polluants.

Si les doses de polluants sont importantes, les dommages peuvent devenir irréversibles entraînant des mortalités cellulaires et l'apparition de nécroses foliaires.

Lorsque les doses sont faibles, il n'y a pas forcément d'effets visibles, mais elles vont perturber la physiologie de la plante et à terme avoir une influence sur les rendements.

##### **Le développement de lésions visibles**

➤ Les plantes cultivées ou d'ornement présentent des sensibilités très contrastées : certaines espèces de tabac ne peuvent plus pousser quand elles sont exposées à l'**ozone**. Ces espèces et leur sensibilité

sont suffisamment connues pour en faire des bio-indicateurs. Les lésions induites par l'ozone sont une première indication de l'existence d'une augmentation de la concentration en ozone.

Un niveau critique à court terme peut ainsi être défini pour le développement de lésions visibles sur les cultures. Les résultats de UN/ECE5 ICP-Crops jusqu'en 1995 indiquaient que des espèces comme les haricots, les tomates, le soja et le trèfle développaient des lésions en réponse à des épisodes d'ozone de cinq jours. Le développement de lésions visibles revêt une importance particulière pour les cultures dont la valeur marchande dépend de l'apparence (par exemple la laitue et les épinards qui sont vendus pour leur feuillage).

En utilisant la valeur AOT40C calculée durant les heures d'ensoleillement, deux niveaux critiques pour des lésions visibles peuvent être définis, basés sur l'analyse de données sur le trèfle blanc et le trèfle subterranéan (Benton et al., 1996).

	AOT40C	Période de référence	Effets à court terme
Cultures	500 ppb.h (moyenne de déficit de tension de vapeur > 1.5 kPa)	5 jours entre 9 h et 17 h	Lésions visibles
	200 ppb.h (moyenne de déficit de tension de vapeur < 1.5 kPa)		

Comme le niveau critique à long terme, ce niveau critique à court terme réfère aux heures ensoleillées seulement, et ne doit pas être appliqué quand l'humidité du sol est limitée.

Notons aussi que le niveau critique pour des lésions aiguës est considéré être de moindre importance que celui pour le rendement (effet chronique), depuis que les expositions chroniques à l'ozone sont considérées comme moins importantes en termes de perte de l'ensemble des cultures que des expositions aiguës ou épisodiques.

➤ Bien que les **Péroxyacétylnitrates (PAN)** soient très difficiles à doser dans l'air, des seuils de toxicité pour l'apparition de lésions, notamment sur les salades, ont pu être établis :

	Seuils de toxicité (en ppb)	Durée d'exposition
Espèces sensibles (pétunia, tomate, laitue)	15 - 20	4 heures
Espèces résistantes (bégonia, maïs, oignon)	> 75 - 100	2 heures

Etude réalisée sur les impacts des PAN sur les végétaux :

Etude de : Guderian, 1985

Espèces étudiées : Solanacées (pommes de terre, tomates, pétunias...) et composées (pissenlits, tournesols, artichauts...)

Résultats : A partir d'une concentration de 15 ppb, les PAN provoquent de sévères lésions foliaires chez les solanacées et les composées après seulement 4 heures d'exposition. A de plus fortes concentrations, les PAN provoquent des nécroses du parenchyme (tissu végétal) disposées en

5 UN/ECE = United Nations Economic Commission for Europe

bandes transversales plus particulièrement chez les monocotylédones (céréales, orchidées, ail, oignons ...).

### Une baisse des rendements

Les résultats de travaux américains et européens ont mis en évidence un effet négatif de l'ozone sur les rendements de nombreuses cultures et en particulier sur les céréales comme le blé ou le maïs. Cependant, les relations doses-réponses sont encore inconnues. Aux USA, la baisse de rendement des cultures a été estimée entre 1 et 2 milliards de dollars par an d'après l'EPA.

Les AOT40 pour les cultures (AOT40C) sont calculées à partir d'une période de trois mois durant les heures d'ensoleillement présentant des radiations globales d'au moins 50 W.m<sup>-2</sup>. Les valeurs AOT40C pour comparaison avec des niveaux critiques doivent être calculées à partir de la somme des trois mois les plus ensoleillés durant la période de croissance des plantes. Si aucune période n'est définie par un modèle, la période du 1<sup>er</sup> mai au 31 juillet doit être utilisée. Des paramètres climatiques peuvent être pris en compte pour le choix de la meilleure période possible.

Le niveau critique de l'ozone à partir duquel on observe des baisses de rendement pour les cultures est le suivant :

	AOT 40C	Période de référence	Effets à long terme
<b>Cultures</b>	3 000 ppb.h	3 mois consécutifs : mai, juin, juillet pour l'Europe du Nord	Baisse de 5 % de rendement de production

Cette valeur est applicable uniquement quand l'apport nutritif et l'humidité du sol ne sont pas limitants. De plus, elle est liée aux chambres à ciel ouvert (OTC), dans lesquelles les conditions de culture peuvent être différentes des conditions de plein champ.

En conséquence, ce niveau critique ne doit pas être converti immédiatement en une chute de rendement mais doit être utilisé comme un indicateur de degré de risque écologique.

Le niveau critique est appliqué pour assurer la protection de toutes les cultures. Il est sûr qu'il en va ainsi des céréales et des herbes à foin.

Toutefois, il existe des incertitudes sur un grand nombre de cultures connues pour être sensibles à l'ozone, comme le coton, le tabac, les tomates, les pommes de terre, le colza, le soja, la pastèque, les arbres fruitiers, les vignes et autres cultures vivaces.

### Un risque potentiel de contamination de la chaîne alimentaire

Les **molécules organiques** (COV, HAP) et les **métaux lourds** présentent essentiellement un risque de contamination de la chaîne alimentaire.

Ils se présentent sous la forme de particules, d'aérosols qui se collent sur la cuticule cireuse des feuilles de végétaux pouvant être consommés. Les céréales étant relativement protégées dans leur enveloppe, ce sont les cultures maraîchères, fruitières et fourragères qui présentent le plus de risque de contamination pour l'homme et l'animal.

Mais la contamination des végétaux par ces polluants atmosphériques est limitée par une faible absorption à l'intérieur des parties aériennes et des racines du végétal (en cas d'accumulation dans le sol, celui-ci constitue un filtre efficace).

Les polluants incriminés sont les suivants :

- Les **métaux lourds** : en général, les poussières contenant des métaux lourds ne pénètrent pas les parties aériennes mais elles s'y accumulent en formant un dépôt inerte à leur surface. Un lavage permet de diminuer la charge en éléments toxiques des denrées.
- Le **plomb (Pb)** se concentre bien dans les herbes de pâtures, les herbes aromatiques, les légumes, les céréales et enfin les fruits. Les teneurs en Pb sont plus fortes dans les feuilles que dans les fleurs, les tiges, les racines et les graines. Mais le plomb est en général peu accumulé. Il présente donc peu de risques toxicologiques.
- Le **cadmium (Cd)**, le **zinc (Zn)** et le **cuivre (Cu)** sont davantage absorbés.
- Les **dioxines et furannes** : ces composés organiques, caractérisés par une demi-vie de plusieurs années (supérieure à 7 ans dans l'organisme humain, environ 10 ans dans l'environnement), possèdent une forte tendance à l'accumulation dans les tissus biologiques. Sur les dioxines et furannes existants (environ 210), 17 sont toxiques pour l'homme. Les principaux risques portent sur le développement de cancers, sur le système immunitaire et sur le développement psychomoteur des enfants.
- Les **nitrites** ( $\text{NO}_2^-$ ) : ces dépôts azotés instables peuvent être transformés en nitrosamines cancérigènes dans l'organisme humain ou des animaux à sang chaud.

### E.1.5 - Les effets sur l'eau, modification de pH, acidification des lacs

- Ce sont surtout les **pluies acides, riches en  $\text{SO}_2$  et en  $\text{NO}_2$** , qui ont des effets dévastateurs en augmentant la concentration des métaux lourds dans l'eau.

Le lessivage des sols peut amener aux rivières et plans d'eau des polluants émis dans l'air et tombés sur des sols imperméables : le zinc, le plomb, les solvants provenant des véhicules automobiles en bordure des routes, aérosols de carburants plus ou moins brûlés à l'extrémité des aéroports.

Les effets de la pollution atmosphérique sur les eaux sont aussi largement conditionnés par la composition chimique, la texture et la profondeur des sols par où l'eau transite avant de rejoindre les nappes phréatiques :

- soit l'acidification progressive d'une épaisse couche de sous-sol freine l'acidification de la nappe ("piégeage d'ions"),
- soit l'acidité des précipitations, transmise à travers des sols acides et peu épais aux eaux superficielles, occasionne la disparition d'éléments de la flore et de la faune aquatique.

- Les pluies acides entraînent une acidification de l'eau et une accumulation de métaux lourds susceptibles de provoquer de graves perturbations de la vie aquatique (vie biologique limitée) et de la chaîne alimentaire qui en découle. Les lacs scandinaves et canadiens présentent ce genre de symptômes qui semblent pour le moment limités dans nos lacs de plaine. En effet, l'eau est un milieu très tamponné et il faut des circonstances particulières pour atteindre des valeurs très nettes.

- L'acidité engendrée par les pluies acides a aussi des effets sur les décomposeurs. Une étude réalisée sur la décomposition des feuilles d'érable rouge dans un lac Nord américain a montré que la vitesse de décomposition est de :

90% →  $pH = 7$

60% →  $pH = 5$

Ainsi, la litière est de :      50 g/m<sup>2</sup> en poids sec dans la zone témoin, non exposée  
    200 g/m<sup>2</sup> dans la zone polluée

La croissance de la quantité de matière organique morte non décomposée entraîne une diminution de la minéralisation.

De façon générale, on constate que la productivité secondaire des eaux continentales décroît avec l'acidification. L'augmentation de biomasse des espèces les plus tolérantes à l'acidité ne compense pas la diminution des autres.

➤ L'action des **pesticides** se traduit par une diminution de productivité secondaire des écosystèmes lentiues (la biomasse et la productivité des macroinvertébrés sont beaucoup plus faibles). Enfin, il y a une accumulation tout au long de la chaîne alimentaire.

#### E.1.6 - Les effets sur les sols

Les dépôts atmosphériques ont une influence considérable sur la concentration des principaux ions dans la solution de sol. Il a été constaté<sup>6</sup> que les dépôts atmosphériques exerçaient une influence plus importante encore que les conditions météorologiques et la composition chimique du sol.

➤ **L'acidification altère la fertilité des sols** en les appauvrissant en calcium et en magnésium, éléments nécessaires à la croissance des végétaux, et en entraînant un surdosage en soufre et en chlore.

En effet, l'accumulation des dépôts acides ( $H_2SO_4$ ,  $HNO_3$ ,  $NH_4$ ) accélère le processus d'acidification par désaturation relativement rapide du complexe absorbant qui se traduit par une perte, parfois massive, des cations. Plus les sols sont appauvris et moins ils sont capables de neutraliser les apports acides. Ils réagissent alors à l'acidité de la solution du sol en libérant de l'aluminium dont l'excès inhiberait le prélèvement du calcium et du magnésium par la végétation.

Aussi, certaines sols perdent à long terme leur capacité de filtrage, ce qui accélère le passage des métaux lourds dans les eaux souterraines.

➤ L'accumulation de **métaux lourds** dans les horizons supérieurs des sols est susceptible de perturber la pédofaune et la pédoflore avec comme conséquence un ralentissement de la décomposition de la litière (dès 1973, Rühling et Tyler soulignaient que même une pollution modérée de la litière par les métaux lourds ralentissait sa décomposition dans les forêts suédoises.) Des études ont été réalisées montrant l'abaissement de la vitesse de décomposition de la litière d'une forêt située à proximité d'une fonderie de plomb et la diminution significative de sa pédofaune.

#### E.1.7 - Les effets sur les animaux

Bien que les effets de la pollution atmosphérique sur l'homme soient plus étudiés que sur les animaux, on peut estimer que la toxicité par les voies respiratoires est proche de ce que l'on rencontre chez l'homme. Par contre, chez les mammifères, la pollution est d'autant plus sensible lorsque l'absorption se fait en fin de chaîne alimentaire (cas des carnivores ou des chauves-souris chez les insectivores).

➤ La contamination par les **métaux lourds** est plus particulièrement suivie chez les oiseaux tels les faucons, les geais ou les chouettes, qui stockent les métaux lourds dans leurs os, plumes, foies et reins et les hydrocarbures chlorés dans leurs tissus graisseux.

---

<sup>6</sup> CEE/NU et CE : Etat des forêts en Europe, Rapport de synthèse 1999, 31 p. + annexes.

Rappelons que pour les métaux lourds, il y a un phénomène important de bio-accumulation le long de la chaîne alimentaire comme a pu en témoigner le cas de la Baie de Minamata au Japon où la population de pêcheurs se nourrissant essentiellement de poissons était atteinte de saturnisme dû à une pollution au plomb des eaux de la baie.

➤ La plupart des **pesticides** interviennent dans les processus fondamentaux du métabolisme (la photosynthèse, la formation de l'ATP, les fonctions des membranes et la croissance) et leurs effets ne peuvent pas être de ce fait réduits à un groupe d'organismes. Beaucoup de pesticides sont par exemple des poisons violents pour les poissons. Rares sont les pesticides qui ont un effet sélectif. Les pesticides entraînent chez les animaux vertébrés et invertébrés une perte d'efficacité de leur reproduction et de l'appétence des aliments ainsi que la modification de leur milieu de vie, des niches écologiques.

• Effets sur les insectes : beaucoup de pesticides sont plus actifs dans des solvants organiques ou dans des émulsions huileuses que dans des solutions aqueuses. Les agents liposolubles pénètrent plus facilement la cuticule lipophile et la membrane cellulaire. Les insectes peuvent entrer en contact avec les pesticides par l'intermédiaire des parties fines de la cuticule, des organes sensoriels et de la cuticule des articulations. Les pesticides liposolubles sont donc des poisons par contact mais aussi par ingestion et par inhalation. Les insecticides phytosolubles s'accumulent donc dans la graisse corporelle des animaux et reste dans un premier temps sans effet nocif. Ce n'est que dans un état de jeûne ou lors du changement en chrysalide que les substances nocives sont libérées et deviennent mortelles.

Dans des rizières, les larves de moustiques sont plus résistantes aux insecticides que leurs prédateurs naturels, induisant une prolifération de moustiques. Or ceux-ci sont les vecteurs principaux de maladies graves, et deviennent particulièrement résistants aux produits.

Les insecticides dans les milieux naturels atteignent directement les insectes pollinisateurs. Or, une grande part de l'agriculture dépend de l'activité de ces derniers (en particulier les fruits). Certes, les effets des produits sur les abeilles sont évalués lors de l'homologation, mais l'observation montre que ces essais ne suffisent pas pour prévoir les effets en chaîne possibles.

• Effets sur la pédofaune : La pollution des sols par les pesticides exerce un effet néfaste sur la pédofaune de décomposeurs. De nombreux invertébrés sacrophages (larves de coléoptères, de diptères, collemboles, acariens, oligochètes), qui jouent un rôle essentiel dans la dégradation de la litière et les premières étapes de l'humification présentent souvent une forte sensibilité aux insecticides et autres produits dits phytosanitaires.

Les produits phytosanitaires font diminuer la faune du sol, facteur important de productivité. Ainsi les vers de terre, agents actifs de la fertilité des sols connus depuis longtemps, résistent mal à une forte pluie juste après un traitement. Mais ce n'est que depuis 1993 que la toxicité des produits vis-à-vis des vers de terre est devenue un paramètre nécessaire à l'évaluation des effets non intentionnels des produits.

Différentes sensibilités ont été étudiées :

- forte mortalité des collemboles et acariens des sols suite à un traitement de 1,4 à 11 kg/ha de Carbaryl pour lutter contre une chenille défoliatrice des forêts caducifoliées.
- 95 % des invertébrés détritivores morts suite à un traitement de Carbaryl sur une prairie naturelle à 2,5 kg/ha/an.
- les lombrics et autres oligochètes terricoles sont nettement moins abondants dans les sols exposés à des traitements de pesticides.

- les insecticides et certains fongicides présentent une forte toxicité pour les vers de terre. Bien que la toxicité des fongicides soit généralement assez faible pour les invertébrés, certains d'entre eux sont très nocifs pour les lombrics.
- action de la bouillie bordelaise sur la géodrilofaune. Utilisés dans des vergers aux doses prescrites pour le traitement contre les agents de la tavelure, le Captane, le Thiabendazole, le Méthylthiophanate et le Bénomyl augmentent respectivement de 7, 26, 36 et 39 fois la quantité de litière restant à la surface du sol, par suite du ralentissement de la consommation des vers de terre (1,2 kg/ha de Bénomyl inhibent totalement l'activité des vers de terre).
- ces mêmes insecticides épandus à raison de 0,78 g/m<sup>2</sup> provoquent 100 % de mortalité dans une population d'oligochètes après 18 jours de contact.

• Autres effets observés :

- les oiseaux : exemple de l'impact du DDT sur l'épaisseur des coquilles d'œufs rendant ces dernières plus fragiles, mais impact des pesticides également par ingestion d'insectes touchés par les pesticides ou de graines touchées.
- de nombreux mammifères peuvent être tués par les utilisations massives d'organochlorés. L'exposition péri ou néonatale de mammifères à l'aldrine, l'atrazine, le chlordane et la dieldrine perturbe les différenciations sexuelles.

L'imprégnation chronique de l'environnement par les produits en excès provoque des effets en cascade qui peuvent se retourner contre l'homme.

La contamination peut s'étendre largement au-delà des espèces agricoles, provoquant des dégâts (biodiversité), corrompant des ressources (eau potable), mais également induisant une sélection forcée accrue de variétés résistantes à ces produits, alors que les résistants ne sont soumis à aucune autre pression. La perte d'efficacité des produits est donc prévisible.

Elle peut affecter l'ensemble des êtres vivants, y compris les êtres humains. La concentration de matières actives le long de la chaîne trophique est maximale chez les consommateurs finaux, comme l'homme par exemple.

➤ Même si le SO<sub>2</sub> est plus toxique pour les végétaux que pour les animaux, il a été observé des impacts sur les populations de poissons dus à l'acidification de l'eau.

• Les populations de poissons diminuent dès que le pH est inférieur ou égal à 5,5. En Norvège, la fonte rapide des neiges provoquait une acidification rapide des rivières au moment où les jeunes saumons migraient en provoquant des mortalités massives (Leivestad et Muniz, 1976). D'autres études ont montré la corrélation entre l'acidification progressive d'un lac et la disparition des poissons. (Beemish, 1974 ; Schofield, 1983 ; Watt, 1983)

- poissons sensibles et ayant une importance économique : esturgeons, aloses, lamproies, truites, saumons
- poissons tolérants : anguilles (tolérantes, mais accumulatrices)

• Conséquence sur la chaîne alimentaire : la disparition des poissons dans des lacs acidifiés a un impact sur toute la chaîne alimentaire (observé par Nyman, 1985). Moins de poissons → Plus d'invertébrés prédateurs → Moins de zooplancton → Plus de phytoplancton (espèces les plus résistantes à l'acidité).

• A l'identique des écosystèmes aquatiques, l'accroissement des dépôts acides agit également sur les décomposeurs et entraîne une diminution de l'activité microbienne, donc une diminution de la

minéralisation de l'azote et donc une perte de l'azote disponible (Stout et Heal, 1967 ; Satchell, 1967,...).

Espèces sensibles : des décomposeurs comme les protozoaires, des arthropodes comme les acariens, des bactéries.

## **E.2 - Impacts des polluants sur les matériaux du patrimoine bâti**

### **E.2.1 - Polluants à considérer**

Les résultats des rares études françaises ou internationales effectuées à ce jour montrent qu'un nombre restreint de polluants ou de paramètres météorologiques ou environnementaux sont actifs directement ou indirectement (comme catalyseurs ou inhibiteurs) sur les matériaux du patrimoine bâti :

- anhydride sulfureux (SO<sub>2</sub>)
- dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>)
- chlore (Cl)
- ozone (O<sub>3</sub>)
- particules (spécialement les cendres volantes et les micro suies)
- métaux lourds (spécialement le vanadium)
- température de l'air (T°)
- humidité relative de l'air (HR)
- radiations solaires (spécialement les UV)
- acidité des précipitations
- durée d'exposition (effets cumulatifs).

Le CO<sub>2</sub> intervient dans la carbonatation de certains enduits et mortiers à la chaux avec un rôle bénéfique, puisqu'il augmente leur dureté et la durabilité des pigments colorés qui y sont éventuellement inclus.

### **E.2.2 - Les effets sur le patrimoine bâti**

Les premiers effets de la pollution urbaine de l'air étudiés de façon méthodique concernent les monuments historiques à Paris ou dans quelques grandes villes comme Strasbourg.

Les poussières noircissant les façades ont imposé de les ravalier de plus en plus fréquemment. Mais surtout la présence de dioxyde de soufre provenant des installations de chauffage a eu des conséquences sur les statues et sur les pièces ouvragées sculptées de l'architecture de pierre des villes ou des monuments. Les pierres calcaires du banc royal de Senlis, d'où étaient extraites les pierres des cathédrales ou des châteaux d'Ile de France, après avoir résisté des siècles au gel, furent attaquées par une maladie de la pierre dont les mécanismes sont maintenant bien connus. Pendant les échanges entre l'air et l'intérieur de la pierre, le dioxyde de soufre est transformé par des bactéries en acide sulfurique qui transforme le calcaire (CaCO<sub>3</sub>) en gypse (CaSO<sub>4</sub>) : derrière une mince croûte dure (le Calvin), le calcaire se transforme en poudre blanche. Dès que la croûte cède sous l'effet d'un choc ou d'un événement climatique, plusieurs centimètres de matériaux s'en vont : les statues perdent alors tous leurs détails, les balustres des rambarde des escaliers, les gargouilles sont transformées en masse informe ou s'écroulent.

La pollution de l'air intervient fortement dans la dégradation des façades des bâtiments, l'évolution du gypse étant un indicateur très fiable de la dégradation d'un matériau calcaire. L'action des polluants sur la pierre est d'abord une attaque chimique par des **composés acides** présents dans l'atmosphère. L'interaction est fréquente avec des phénomènes physiques : dissolution, décohésion, dilatation.

### E.2.3 - Cibles identifiées

L'ensemble des matériaux entrant dans les constructions est sensible à la pollution atmosphérique : pierre, enduits (plâtre, chaux), mortiers, ciments, bétons, produits céramiques (brique, faïence), verre, métaux, polymères, peintures... Les recherches ont surtout été focalisées sur la pierre qui constitue, en surface et en volume, la plus grande partie des constructions en région Centre. Cependant, deux autres matériaux prennent une importance croissante dans les constructions modernes : le béton et le verre. Leur comportement à la pollution atmosphérique devient un sujet de recherche et de préoccupation de plus en plus urgent.

### E.2.4 - Effets des polluants sur les cibles

#### E.2.4.1 - Les effets sur les matériaux

Tous les matériaux soumis directement à l'action de l'air doivent être régulièrement entretenus ou changés. A l'effet du soleil, des ultraviolets, du gel, des pluies, peintures et lasure, enduits, bois, pierres, aluminium ou acier, voient leur longévité ou leur efficacité remise en cause. Même les façades de verre de l'architecture moderne sont attaquées par les acides (surtout sulfurique qui opacifie) et doivent être régulièrement nettoyées. Au niveau des agglomérations, tout ceci représente un coût important.

#### E.2.4.2 - Pollution soufrée et particulaire

La pollution soufrée (SO<sub>2</sub>), massive il y a quelques décennies, plus réduite actuellement, se traduit macroscopiquement par un noircissement superficiel de tous les matériaux des façades, dû au dépôt et à la cimentation des poussières en formant une croûte et par une sulfatation des pierres calcaires immédiatement sous leur surface. Ainsi, les particules, suies et cendres volantes, ont un impact esthétique immédiat. Elles servent aussi de vecteurs de transport pour les composés acides qui sont absorbés et concentrés par ces particules avant leur déposition. Sauf dans les cas extrêmes de surcharge massive, notamment à proximité immédiate des sources de polluants gazeux et particulaires, le noircissement de l'ensemble des matériaux ne concerne que ceux qui sont situés dans les parties des bâtiments abritées des pluies directes battantes et des ruissellements d'eau, dans lesquelles les particules déposées entre deux épisodes pluvieux ne sont pas lessivées lors de l'épisode suivant. Il en résulte une juxtaposition de deux types de zones sur les façades : claires (à la pluie) et foncées (hors pluie).

- Les parties claires sont des zones d'érosion - dissolution par l'eau, dissolution d'autant plus importante que les précipitations sont plus acides et que le matériau est plus tendre, friable et poreux.
- Les parties foncées sont des zones d'accumulation sédimentation des poussières, qui sont secondairement cimentées par du sulfate de calcium hydraté (Gypse : CaSO<sub>4</sub>, 2H<sub>2</sub>O). Ces parties des bâtiments, bien qu'inaccessibles à la pluie et aux ruissellements, doivent cependant être humides (condensation de l'humidité atmosphérique sur des parois

froides : rosée, brouillards), car le gypse formé est un minéral hydraté et l'humidité de la paroi facilite l'accrochage et la rétention des particules.

Il est remarquable que, quelle que soit la nature chimico-minéralogique du substrat sur lequel se forme une croûte noire (c'est-à-dire qu'il contienne ou non du soufre et/ou du calcium), celle-ci est invariablement en gypse. C'est par exemple le cas des croûtes gypseuses formées sur les statues en bronze, lequel ne contient ni soufre ni calcium ou sur le verre, qui contient peu de calcium et pas de soufre. L'origine du calcium n'est donc pas à rechercher systématiquement dans le matériau portant la croûte sulfatée. Les vecteurs du calcium sont au contraire les gouttelettes de brouillard ou les particules solides en calcite (carbonate de calcium) ou en gypse dont la présence est démontrée dans les atmosphères.

Certaines particules présentes dans les atmosphères urbaines polluées se retrouvent systématiquement dans les croûtes sulfatées et semblent y jouer un rôle crucial : les cendres volantes et les micro suies. Non seulement elles transportent du soufre ( $\text{SO}_2$  adsorbé ou sulfates), mais de plus des métaux comme le vanadium, qui est bien connu dans l'industrie chimique pour son rôle de catalyseur dans l'oxydation de  $\text{SO}_2$  en  $\text{SO}_3$ , première étape de la formation de l'acide sulfurique et des sulfates.

Les cendres volantes, dont la granulométrie est généralement dans la gamme pluri-micronique, sont émises par la combustion du charbon (cendres volantes à surface lisse, silico-alumineuses) ou du fuel lourd (cendres volantes à aspect poreux ou spongieux, carbonées et soufrées, riches en vanadium). Toutefois la source charbonnée a pratiquement disparu en région. La concentration atmosphérique en cendres volantes est actuellement en très nette diminution. On les retrouve cependant systématiquement dans toutes les croûtes noires sulfatées formées ces dernières décennies, a fortiori depuis le siècle dernier.

Les micro suies, dont la granulométrie est très largement inframicronique (50 à 100 nanomètres), sont émises par la combustion du fuel léger (moteurs diesel, chauffage domestique), de l'essence, du kérosène et du gaz. Elles sont essentiellement carbonées, mais peuvent contenir du soufre si le combustible dont elles sont issues en contient (fuel léger, par exemple). Certains pensent que leur concentration atmosphérique serait en augmentation, en rapport avec le trafic automobile. L'absence de séries de mesures des micro suies ne nous permet pas d'en connaître quantitativement l'évolution.

Sur les pierres calcaires compactes, une sulfatation se produit sous la surface en même temps que la croûte noire se développe au-dessus de celle-ci. L'épaisseur de cette sous-couche sulfatée, qui peut dépasser le millimètre, dépend de la teneur en  $\text{SO}_2$ , de l'atmosphère polluée, de la porosité de la pierre et de la durée de l'exposition. Il s'agit encore d'une cristallisation de gypse (sulfate) aux dépens de la calcite (carbonate). Cette sulfatation n'affecte que très peu les qualités de la pierre compacte, contrairement à ce qui se produirait sur une pierre poreuse.

#### E.2.4.3 - Autres polluants

Les connaissances sur les effets des autres polluants sur les matériaux des constructions sont très minces. Un symposium, organisé par la Commission Économique des Nations Unies pour l'Europe (Programme International Coopératif : "Effets de la Pollution de l'Air sur les Matériaux") a réuni en mai 1998 à Berlin 43 experts de 19 pays. Les résultats préliminaires d'une expérience d'exposition de divers matériaux pendant 8 ans dans 39 sites répartis dans 12 pays y ont été discutés. Les principales tendances sont résumées dans le tableau suivant :

MÉTAUX	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	Pluies acides	Cl <sub>préc</sub>	T°	HR	Radiations solaires	T <sub>exp</sub>
<b>Acier, Zinc</b>	+			+		+	+		+
<b>Aluminium, Cuivre, bronze</b>	+			+	+	+	+		+
<b>Nickel</b>	+					+			+
<b>Étain</b>			+			+			+
<b>VERRE</b>	+	+		+		+	+		+
<b>POLYMÈRES</b>									
<b>Polyéthylène</b>						+		+	+
<b>Polyamide</b>									
<b>PEINTURES</b>									
<b>Alkydes sur acier</b>	+			+	+			+	

On constate ainsi que les polluants les plus actifs dans la dégradation de ces matériaux sont le SO<sub>2</sub> et les pluies acides. Les facteurs climatiques comme la température de l'air (T°) et son humidité relative (HR) sont aussi très déterminants. Sur quelques matériaux seulement, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, le chlore dans les précipitations, ainsi que le rayonnement solaire ont été notés comme actifs. En revanche, bien évidemment, la durée de l'exposition est péjorative dans la quasi-totalité des cas.

Indépendamment des niveaux de concentration de polluants, ce sont les éléments climatiques qui déterminent la nature des transferts de polluants sur et à l'intérieur des matériaux, notamment des conditions de pression barométrique, de pluie et de rayonnement solaire. Dès lors, une nouvelle série de paramètres liés à l'écoulement de l'air intervient : orientation des façades, hauteur des bâtiments...

Pour ce qui concerne la pollution photochimique, l'ozone intervient en catalysant l'oxydation de SO<sub>2</sub> en SO<sub>3</sub>, première étape menant à la formation d'acide sulfurique et de sulfates, ciment des poussières constituant les croûtes noires couvrant l'ensemble des matériaux situés hors pluie.

#### E.2.4.4 - Conclusion

Il apparaît clairement que le couple pierre dioxyde de soufre est au premier plan de l'action de la pollution atmosphérique sur le bâti. La baisse spectaculaire de ce polluant gazeux amène sur le devant de la scène d'autres polluants comme le dioxyde d'azote et les poussières. Le rôle de ce dernier gaz est pratiquement inconnu, peut-être à cause de la disparition rapide des nitrates. Quant aux poussières, si l'on connaît très bien le rôle des cendres volantes, celles-ci sont aussi à la baisse, tandis que les micro suies sont en augmentation. Leur rôle est lui aussi à étudier.

Le coût de l'action de la pollution atmosphérique sur le bâti peut être évalué comme suit : Le seul nettoyage, par micro abrasion des croûtes noires sur les parties planes des monuments (hors sculptures), coûte en moyenne 250 F le m<sup>2</sup>.

## **F/ LE CADRE REGLEMENTAIRE**

La France s'est préoccupée très tôt de la prévention de la pollution atmosphérique : le décret impérial du 15 octobre 1810 prévoyait déjà la protection du voisinage des entreprises industrielles. Depuis, les moyens juridiques tendant à la préservation de cette pollution se sont développés :

- Le Code de l'environnement,
- le Code de la construction et de l'habitation pour les installations fixes « non industrielles »,
- le Code de la route et ses arrêtés d'application qui réglementent notamment les émissions polluantes des véhicules automobiles,

pour ne citer qu'eux.

Ces textes traitent, selon leur domaine d'application, de la qualité de l'air, de la qualité des produits mis sur le marché au regard notamment de leur impact sur la pollution atmosphérique, de la limitation des émissions. Ils sont de plus en plus d'inspiration européenne (directives et règlements de l'Union Européenne) voire même internationale (divers protocoles de réduction des émissions par exemple).

### **F.1 - Le livre II, titre II du Code de l'environnement (ex. loi sur l'air)**

Le livre II, titre II du Code de l'environnement s'intéresse à la prévention, la surveillance, la réduction voir la suppression des pollutions atmosphériques pour préserver la qualité de l'air, économiser l'énergie et l'utiliser rationnellement. Il instaure un nouveau droit reconnu à chacun : celui de respirer un air qui ne nuise pas à sa santé et définit une politique visant à mettre en œuvre ce droit qui se décline en 3 lots de mesures.

#### **F.1.1 - Les évolutions législatives**

La loi du 2 août 1961, relative à la lutte contre les pollutions atmosphériques et les odeurs, au champ d'application pourtant large puisque couvrant à la fois les immeubles, les établissements industriels, commerciaux, artisanaux ou agricoles, les véhicules et autres objets mobiliers, n'a fait l'objet que d'un seul texte principal d'application : le décret du 13 mai 1974, modifié en 1991 et 1996, et sa mise en œuvre est restée limitée. Cependant, le Code de l'environnement, en son article L.227-1, renvoi à cette loi pour ce qui concerne les pollutions causées par les substances radioactives.

La loi du 10 mars 1948, sur l'utilisation de l'énergie, qui imposait notamment la consultation préalable de l'administration en cas de construction ou reconstruction d'une unité thermique importante est devenue obsolète et n'est aujourd'hui plus appliquée.

Comme l'ont montrée plusieurs enquêtes récentes, la pollution atmosphérique est aujourd'hui au cœur des préoccupations des français. Ces effets vont au-delà de l'échelle locale. Son origine a également évolué dans le temps: la pollution automobile a aujourd'hui, dans les agglomérations notamment, supplanté les pollutions industrielle et domestique liées à la production thermique et au chauffage.

## F.1.2 - Le contenu du titre II

### F.1.2.1 - Une surveillance élargie de la qualité de l'air

L'Etat, avec le concours des collectivités territoriales, assure la surveillance de la qualité de l'air et de ses effets sur la santé et l'environnement. Il confie la mise en œuvre de cette surveillance à un ou des organismes agréés multipartites. Cette surveillance doit être en place depuis le 1<sup>er</sup> janvier 1997 dans les agglomérations de plus de 250 000 habitants, le 1<sup>er</sup> janvier 1998 dans les agglomérations de plus de 100 000 habitants et le 1<sup>er</sup> janvier 2000 sur l'ensemble du territoire. Ceci a signifié pour la région Centre d'une part la nécessité d'équiper d'analyseurs de mesure fixes les agglomérations de Tours et Orléans, et d'autre part de mener des campagnes de mesure dans les villes et zones démunies de capteurs fixes avec le camion laboratoire.

Dès 1998, LIG'AIR a décidé d'équiper de deux à trois stations les agglomérations de Bourges et de Chartres. En fin 2000, Châteauroux était équipé et d'ici 2002 ce sera celle de Blois. Leurs données serviront à caler le modèle d'extrapolation.

Simultanément, de nouveaux polluants seront surveillés conformément à la directive communautaire du 27 septembre 1996 concernant l'évaluation et la gestion de la qualité de l'air. Au minimum, treize polluants ou familles de polluants seront surveillés à terme (dioxyde de soufre, dioxyde d'azote, particules fines, poussières en suspension, plomb, ozone, benzène, monoxyde de carbone, hydrocarbures polycycliques aromatiques, cadmium, arsenic, nickel et mercure). Les effets sur la santé de la qualité de l'air devront également faire l'objet d'une surveillance.

Des objectifs de qualité de l'air, des seuils d'alerte et des valeurs limites seront fixés pour les polluants surveillés (c'est l'objet du décret 98-360 du 6 mai 1998).

### F.1.2.2 - Une information améliorée de la population

Les informations et prévisions relatives à la qualité de l'air, aux émissions, aux consommations d'énergie ainsi que les résultats des études épidémiologiques liées à la pollution de l'air devront être publiées régulièrement. En cas de pointe de pollution, la population doit en être immédiatement informée. Cette information porte sur les valeurs mesurées, les conseils aux populations concernées et les dispositions réglementaires arrêtées.

### F.1.2.3 - Un système de planification pour préserver la qualité de l'air comprenant :

- les **Plans Régionaux pour la Qualité de l'Air (PRQA)** qui ont pour objectif de réduire la pollution à moyen terme à l'échelon régional en deçà d'objectifs de qualité de l'air définis au niveau national par décret ou au niveau local dans des zones identifiées où des objectifs de qualité de l'air plus ambitieux doivent être fixés. Ils doivent être évalués tous les cinq ans.
- les **Plans de Protection de l'Atmosphère (PPA)** élaborés par les préfets sur les agglomérations de plus de 250 000 habitants (Tours et Orléans pour la région), ainsi que dans les zones où les valeurs limites de qualité de l'air sont dépassées ou susceptibles de l'être. L'objet de ces plans, qui doivent être compatibles avec les orientations du PRQA est, d'une part, de ramener à l'intérieur de la zone du PPA la concentration des polluants dans l'atmosphère à un niveau inférieur aux valeurs limites de qualité de l'air (valeurs à ne pas dépasser) et, d'autre part, de définir les mesures d'urgence propres à limiter l'ampleur et les effets des pointes de pollution sur la population lorsque les seuils d'alerte sont atteints ou susceptibles de l'être.
- les **Plans de Déplacements Urbains (PDU)** élaborés par « l'Autorité compétente pour l'organisation des transports urbains » dans les agglomérations de plus de 100 000 habitants

(Tours, Orléans). Le Code de l'environnement réaffirme leur rôle et confirme les objectifs initiaux. Elle complète et précise les domaines sur lesquels doivent porter les orientations. Ces plans visent à assurer un équilibre durable entre les besoins en matière de mobilité et de facilité d'accès, d'une part, de la protection de l'environnement et de la santé, d'autre part.

- Une prise en compte accrue de préoccupation de pollution atmosphérique et de consommation énergétique dans les documents d'urbanisme et les projets d'infrastructure notamment
- Des mesures techniques nationales spécifiques de prévention de la pollution atmosphérique et d'utilisation rationnelle de l'énergie : spécifications techniques et normes de rendement, réglementation de la publicité concernant la consommation énergétique, reformulation des carburants et combustibles, introduction d'un minimum de bois dans la construction, identification (pastille verte) des véhicules automobiles les moins polluants
- Des dispositions financières et fiscales pour favoriser le développement des véhicules au gaz (GPL ou GNV) et électrique.

### **F.1.3 - Le plan régional pour la qualité de l'air**

L'article L 222-1 du Code de l'environnement impose l'élaboration d'un PRQA. Le décret n° 98-362 du 6 mai 1998 relatif aux plans régionaux pour la qualité de l'air (annexe 2) définit les prescriptions concernant leurs mises en œuvre :

- Dans un premier temps, le PRQA devra faire un inventaire des émissions des principales substances polluantes, en distinguant autant que faire se peut les différentes catégories de sources pour chaque polluant en individualisant les plus importantes de ces sources.
- Le plan devra dans un deuxième temps évaluer la qualité de l'air dans la région, au regard notamment des objectifs de qualité de l'air rappelés en annexe 3, son évolution prévisible et ses effets sur la santé, sur les milieux naturels et agricoles, sur le patrimoine bâti et sur les conditions de vie.
- Le PRQA dans un troisième temps aura, en prenant en compte les contributions de tous les organismes locaux concernés par la qualité de l'air, à proposer des actions et des orientations visant à prévenir ou à réduire la pollution atmosphérique. Toutes ces actions devront au minimum faire en sorte que les concentrations de polluants atmosphériques restent inférieures aux niveaux retenus comme objectifs de la qualité.

L'élaboration du PRQA est de la responsabilité du Préfet de région. Pour ce faire, il est assisté d'une commission placée sous sa présidence. L'organisation relative à l'élaboration du PRQA fait l'objet d'un arrêté préfectoral.

In fine, le PRQA sera mis à la disposition du public pendant deux mois et sera soumis pour avis aux conseils départementaux d'hygiène et aux conseils généraux des six départements ainsi qu'aux communes concernées par les PDU ou PPA et aux autorités organisatrices des transports urbains.

Le PRQA peut être révisé tous les cinq ans après avis de la commission susvisée.

## **F.2 - La qualité de l'air ambiant**

La réglementation française en matière de qualité de l'air s'appuie sur les quatre directives européennes existant dans ce domaine et réglementant la présence dans l'atmosphère des polluants primaires d'origine industrielle ou transport (dioxyde de soufre, poussières, plomb et dioxyde d'azote) et du polluant secondaire indicateur de la pollution photochimique qui est l'ozone. Ces directives ont été formellement traduites en droit français par les décrets du 25 octobre 1991 (dioxyde de soufre, poussières, plomb et dioxyde d'azote) et du 18 avril 1996 pour l'ozone.

Le décret n° 98-360 du 6 mai 1998 et l'arrêté interministériel du 17 août 1998, textes pris en application du livre II, titre II du Code de l'environnement, constituent la dernière traduction en droit français de ces directives.

Le principe général concernant cette réglementation est la fixation pour les différents polluants de :

- valeurs limites ou niveau maximal de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère, fixées sur la base des connaissances scientifiques, dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de ces substances pour la santé humaine ou pour l'environnement ;
- valeurs guides ou objectifs de qualité : niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère fixées sur la base des connaissances scientifiques, dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de ces substances pour la santé humaine ou pour l'environnement, à atteindre dans une période donnée ;
- seuil d'information et de recommandation : niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère au-delà duquel une exposition de courte durée a des effets limités et transitoires sur la santé de catégories de la population particulièrement sensibles ;
- seuil d'alerte : niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine ou de dégradation de l'environnement et à partir duquel des mesures d'urgence doivent être prises.

Les seuils d'information et d'alerte s'accompagnent d'une information de la population concernée (personnes sensibles ou ensemble de la population).

Dans les années à venir, ce dispositif réglementaire va connaître des évolutions qualitatives et quantitatives par la mise en application de la directive du Conseil Européen du 26 septembre 1996, directive cadre d'évaluation et de gestion de la qualité de l'air. Cette directive redéfinit le cadre de la surveillance de la qualité de l'air ambiant en établissant des principes à mettre en œuvre pour fixer les objectifs de qualité de l'air, évaluer cette qualité de manière uniforme au sein de l'Union, permettre au public d'être informé sur le niveau de pollution atmosphérique, maintenir ou améliorer la qualité de l'air.

## **F.3 - Les combustibles et carburants**

La réglementation nationale actuelle s'appuie pour l'essentiel sur la réglementation européenne.

### F.3.1 - Les combustibles

Les combustibles font l'objet de spécifications techniques relatives à leur composition et à leur utilisation. Il en est ainsi des combustibles pétroliers (fioul lourd, fioul domestique) pour lesquels des caractéristiques physiques (viscosité, masse volumique, intervalle de distillation, point d'écoulement) et de composition (teneur en eau, en soufre, en sédiments,...) peuvent être fixées.

Selon leur désignation, leur teneur maximale en soufre est fixée à 4 % pour le fioul lourd n° 1, 2 % pour le fioul lourd n° 2 BTS et 1 % pour le fioul lourd n° 2 TBTS (très basse teneur en soufre). La teneur en soufre du fioul domestique est actuellement limitée à 0,2 % depuis 1994.

Afin de renforcer la réduction des émissions soufrées à l'atmosphère, le Conseil des ministres européens a adopté en juin 1998 une nouvelle directive qui limitera à :

- 1 % (au lieu de 4 actuellement), d'ici 2003, la teneur en soufre dans les fiouls lourds utilisés dans les installations industrielles et de chauffage urbain non équipées de dispositifs de désulfuration
- 0,1 % (au lieu de 0,2 % actuellement), d'ici 2008, la teneur en soufre du fioul domestique utilisé dans les petites chaudières industrielles et domestiques.

Depuis 1993, la teneur en soufre dans les combustibles minéraux solides utilisés dans des petites installations (de puissance inférieure à 10 MW) est limitée à 0,57 g/MJ (ou 2,4 g/th).

### F.3.2 - Les carburants

La réglementation vise aujourd'hui essentiellement trois polluants : le plomb et le benzène dans l'essence et le soufre dans le gazole.

La liste des composants d'addition (composés oxygénés, ...) Ainsi que leur teneur limite sont également réglementairement fixés pour les carburants de substitution.

#### F.3.2.1 - Le plomb dans l'essence

L'adjonction de plomb dans l'essence a été motivé par deux impératifs: augmenter l'indice d'octane, donc le pouvoir antidétonant du carburant, et jouer le rôle de lubrifiant. Mais le plomb présente deux inconvénients majeurs : il est toxique et c'est un poison des catalyseurs utilisés dans les pots catalytiques. En France, la teneur en plomb dans l'essence plombée est passée de 0,64 g/l à 0,40 g/l en 1981, puis à 0,25 g/l en mars 1989 puis à 0,15 g/l en 1991, celle de l'essence sans plomb est limitée à 0,013 g/l.

Les accords européens de juin 1998 sur le sujet prévoient la suppression de l'essence plombée dès l'an 2000 et au plus tard en 2005. Ces mêmes accords prescrivent une réduction de la teneur en aromatiques et oléfines dans les essences.

#### F.3.2.2 - Le benzène dans l'essence

Actuellement limitée à 5 % en volume, la teneur en benzène dans l'essence devrait être ramenée à 1 % dès l'an 2000.

### F.3.2.3 - Le soufre dans le gazole

Contrairement au plomb, le soufre n'est pas un additif mais un composant fatal contenu dans le pétrole brut. Compte tenu du développement du parc des véhicules diesel et l'essor du trafic routier dans de nombreux pays, l'Union Européenne a réduit à plusieurs reprises la teneur maximale admissible en soufre dans le gazole. Ainsi en France, cette teneur est passée de 0,7 % en 1967 à 0,5 % en 1970, puis 0,3 % en 1980, puis 0,2 % en 1994 et 0,05 % en 1996.

Les accords de juin 1998 fixent cette teneur à 0,035 % dès 2000, puis 0,005 % en 2005 afin de rendre ce carburant compatible avec les nouvelles exigences en matière de réduction des émissions d'oxydes d'azote et de poussières. La réduction de la teneur en hydrocarbures aromatiques polycycliques est également envisagée.

Dans l'essence, la teneur résiduelle de 0,5 % actuellement devrait être abaissée aux mêmes valeurs et dans les mêmes délais.

### **F.4 - Les sources mobiles : les véhicules**

Depuis 1970, des directives européennes réglementent les émissions de monoxyde de carbone et d'hydrocarbures imbrûlés des voitures à essence neuves mises sur le marché. En 1976, a été introduite une limite d'émissions pour les oxydes d'azote. Ces valeurs, réduites entre temps, ont été rendues applicables également aux voitures diesel lors d'un amendement en 1983.

Les exigences de la directive de décembre 1987, étendue ultérieurement à toutes les voitures particulières, ont conduit à l'introduction du pot catalytique trifonctionnel sur toutes les voitures à essence neuves depuis 1993 et du pot d'oxydation sur les voitures diesel neuves depuis 1997.

Le programme d'essais et d'études AUTO OIL développé à partir de 1994 en collaboration avec les constructeurs automobiles et les raffineurs européens a débouché sur deux étapes supplémentaires de réduction des émissions associées à une amélioration de la qualité des carburants et à une obligation de surveillance permanente des émissions grâce à un dispositif de diagnostic embarqué.

Sur la base d'un indice 100 en 1971, date de mise en œuvre des premières réglementations, les émissions polluantes des voitures particulières ont évoluées de la façon suivante :

- véhicule à essence
  - . indice 8 en 1997 puis 4 en 2006 pour le monoxyde de carbone
  - . indice 10 en 1987 puis 7 en 2001 pour les oxydes d'azote et les hydrocarbures
- véhicules diesel
  - . indice 3 en 1997 puis 2 en 2006 pour le monoxyde de carbone
  - . indice 14 puis 12 en 2001 pour les oxydes d'azote et les hydrocarbures.

Les émissions des véhicules utilitaires sont réglementées depuis 1985 avec des valeurs « sévèrisées » à deux reprises et en dernier lieu depuis 1996. Les émissions des poids lourds sont également réglementées depuis 1988, la dernière étape de réduction des valeurs limites émission étant entrée en vigueur le 1<sup>er</sup> octobre 1996. Dans les deux cas, de nouvelles directives sont en cours d'élaboration.

En complément à ces réglementations qui visent les véhicules neufs, des contrôles techniques périodiques ont été imposés aux véhicules en circulation. Pour les voitures particulières, ces contrôles ont été rendus obligatoires dès 1994. Actuellement, le premier contrôle doit avoir lieu dans un délai ne dépassant pas quatre ans après la première mise en circulation. Les suivants doivent être effectués tous les deux ans. Bien entendu, les caractéristiques des gaz d'échappement sont mesurées lors de ces contrôles.

## **F.5 - Les sources fixes : les installations industrielles**

Les émissions à l'atmosphère des installations industrielles sont pour l'essentiel réglementées au travers des articles L 511-1 et suivants du Code de l'environnement, législation au travers de laquelle sont transcrites les directives européennes relatives au sujet.

Cette réglementation trouve ses fondements dans un décret impérial du 15 octobre 1810 prévoyant déjà la protection du voisinage des entreprises industrielles. Elle dispose d'un champ d'application très large : les activités industrielles, commerciales ou de services potentiellement polluantes ou dangereuses mais définies dans une nomenclature. Elle est mise en œuvre localement par le Préfet installation par installation.

En fonction du potentiel de nuisances ou de dangers, de telles installations doivent faire l'objet, préalablement à leur mise en exploitation, d'une déclaration ou d'une autorisation préfectorale.

L'autorisation est accordée sur la base d'un dossier établi par l'exploitant après une large consultation (enquête publique, avis des services de l'Etat et des conseils municipaux concernés). Elle fixe les règles adaptées d'implantation, d'exploitation et de surveillance ainsi que les valeurs limites à l'émission et la surveillance des rejets dans l'air et dans l'eau, les niveaux résiduels de bruit, les conditions d'élimination des déchets, les moyens de prévention et de lutte contre les accidents.

Ce dispositif réglementaire privilégie une approche intégrée de la protection de l'environnement et de la sécurité (la procédure d'autorisation est unique). Il permet une prise en compte de l'ensemble des atteintes possibles à l'environnement, aux personnes et aux biens. Il traite aussi bien des atteintes chroniques que des situations accidentelles. La mise en œuvre des meilleures technologies disponibles à un coût économiquement acceptable est la règle pour la conception et la réalisation des installations nouvelles. Les installations existantes peuvent se voir imposer des améliorations de leurs performances environnementales.

De plus en plus, les règles minimales de conception, d'exploitation, de surveillance et de rejets résiduels sont fixées au niveau national par arrêté ministériel en concertation avec les branches d'activité. Cette pratique permet une meilleure lisibilité des exigences de l'Etat. Elle évite d'éventuelles distorsions de concurrence. Elle indique les meilleures technologies disponibles dans le respect du milieu naturel. Bien entendu, au niveau local, l'autorisation intègre ces exigences ainsi que celles dictées par les nécessités d'une protection particulière de l'environnement de l'installation compte tenu de sa qualité, sa vocation ou de son utilisation.

C'est dans ce cadre qu'ont été publiés, en relation avec les émissions de polluants à l'atmosphère :

- ◆ l'arrêté du 27 juin 1990 relatif aux installations de combustion ;
- ◆ l'arrêté du 25 janvier 1991 relatif à l'incinération des résidus urbains
- ◆ l'arrêté du 3 mai 1993 relatif aux cimenteries
- ◆ l'arrêté du 14 mai 1993 relatif aux verreries
- ◆ l'arrêté du 6 juin 1994 relatif aux papeteries
- ◆ l'arrêté du 10 octobre 1996 relatif à l'incinération des déchets industriels
- ◆ l'arrêté du 8 décembre 1995 relatif au stockage et à la distribution de l'essence
- ◆ l'arrêté du 11 août 1999 relatif aux turbines et moteurs.

Les installations classées relevant du régime de l'autorisation et non couvertes par un arrêté ministériel spécifique sont réglementées a minima par l'arrêté ministériel du 2 février 1998 modifié de portée générale, qui intègre depuis l'arrêté du 29 mai 2000 les dispositions de la directive relative aux COV et à l'usage des solvants. Les installations relevant du simple régime de la déclaration font également l'objet d'arrêtés ministériels adaptés aux nuisances et risques associés à ces installations.

Dans tous les cas, ces arrêtés fixent pour les rejets à l'atmosphère les valeurs limites à l'émission et les modalités de surveillance de ces rejets, dispositions applicables aux installations nouvelles. Pour les installations déjà mises en service, l'arrêté fixe généralement un échéancier portant sur la surveillance et la réduction des rejets.

## **F.6 - La réglementation locale**

### **F.6.1 - Les mesures d'urgence en cas de pics de pollution atmosphérique**

Des arrêtés préfectoraux définissent les mesures à prendre en cas de dépassement des seuils de pollution dans les agglomérations d'Orléans (AP n° 99-34 du 16 juillet 1999), de Tours (AP du 8 septembre 1999) et de Chartres (AP n° 242 du 2 mars 2000). Bourges est également concerné depuis la fin d'année 2000 (AP n° 2001.1.090 du 24 janvier 2001).

**G/ LES TECHNIQUES DE DEPOLLUTION DES EMISSIONS DES SOURCES FIXES.****G.1 - Polluants issus de la combustion**

Polluants	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub> et H <sub>2</sub> S	HCl	Poussières	Dioxines	Métaux lourds
Chaufferies urbaines ou chaufferies industrielles	Brûleurs bas NO <sub>x</sub>	Utilisation de fuels lourds à très basse teneur en soufre (< 0,5 %) ; Passage au gaz naturel	/	Filtres à manches (cyclones suffisants pour les chaufferies au gaz)		/
Chaufferies urbaines ou industrielles avec cogénération ; Turbines ou moteurs à gaz des unités de recompression du gaz naturel	Injection d'eau dans la chambre de combustion des turbines à gaz ; chambres de combustion "sèches" bas NO <sub>x</sub>	Utilisation de fuels lourds à très basse teneur en soufre (< 0,5 %) dans les moteurs  Turbines à gaz	/	Filtres à manches (cyclones suffisants pour les chaufferies au gaz)		/
UIOM	Réduction non catalytique sélective (SNCR) et réduction catalytique sélective (SCR)	Neutralisation à la chaux (procédés sec, humide ou semi-humide)	Neutralisation à la chaux (procédés sec, humide ou semi-humide)	Filtres électrostatiques (< 50 mg/Nm <sup>3</sup> ) ou filtres à manches (< 10 mg/Nm <sup>3</sup> )	Adsorption sur charbon actif (C*) ou sur matériaux adsorbant du même type	Adsorption sur charbon actif (C*) ou sur matériaux adsorbant du même type, pour les métaux volatils (Hg) ; récupération avec les autres particules dans le système de filtration (manches)
Cimenteries	Brûleurs bas NO <sub>x</sub> ; Réduction non catalytique sélective (SNCR) et réduction catalytique sélective (SCR)	Neutralisation par le clinker fabriqué ; Neutralisation à la chaux (procédés sec, humide ou semi-humide).				
Petites chaufferies industrielles (< 20 MW)	Brûleurs bas NO <sub>x</sub>	Utilisation de fuels lourds à très basse teneur en soufre (< 0,5 %) ; Passage au gaz				

**G.2 - Polluants issus de procédés de fabrication**

(en italique gras : le polluant visé)

<b>Polluants : →</b>	<b>SO<sub>2</sub> et H<sub>2</sub>S</b>	<b>COV</b>	<b>Poussières</b>	<b>Dioxines</b>	<b>Métaux lourds</b>
<b>Activités : ↓</b>					
Séchage de peinture et de vernis sur métaux, bois, plastiques, ... Carrosserie automobile ou poids lourd	/	<i>(Solvant contenu dans la peinture liquide)</i> Utilisation de peinture « à l'eau ». Incinération des effluents après, éventuellement une pré concentration par adsorption C*	/	/	/
Cimenteries	<i>(Soufre issu de la matière première (carrière) ou du combustible (coke de pétrole, charbon))</i> Neutralisation par le clinker fabriqué dans le four ; Neutralisation à la chaux (procédés sec, humide ou semi-humide).		Filtres électrostatiques (< 50 mg/Nm <sup>3</sup> ) ou <b>filtres à manches (&lt; 10 mg/Nm<sup>3</sup>)</b>		
Fours de fusion ou d'élaboration des non ferreux (aluminium, plomb ; ...)			Filtres à manches pour les fours de fusion de non ferreux issus des déchets.	???	
Fabrication de batteries			Filtres à manches pour les fours de fusion de non ferreux issus des déchets.		Filtre à manches sur les extracteurs d'air des ateliers où sont manipulés les éléments contenant du plomb.
Imprimerie sur papier ou film / feuille plastique		<i>(Solvant dans les encres)</i> Encre « à l'eau ». Adsorption sur C*, Incinération avec ou sans récupération d'énergie			

<b>Polluants : →</b>	<b>SO<sub>2</sub> et H<sub>2</sub>S</b>	<b>COV</b>	<b>Poussières</b>	<b>Dioxines</b>	<b>Métaux lourds</b>
<b>Activités : ↓</b>					
Revêtements divers (adhésifs, colles, ...) sur supports divers.		<i>[Solvant dans les produits enduits (colles, ...)]</i> Adsorption sur C*, Condensation (froid), Incinération avec ou sans récupération d'énergie			
Pharmacie et cosmétique		<i>[Solvants (alcool, ...) utilisés pour la mise en forme de mélanges (pâtes, poudres, comprimés,...)]</i> Condensation (froid), adsorption C* ou incinération			
Dépôts pétroliers		<i>(Vapeurs issues des remplissages des cuves)</i> Condensation (froid)			
Stations services		<i>(Vapeurs issues des remplissages des cuves de stockage)</i> Retour à la cuve des camions livreurs des événements des cuves.			
Mise en œuvre des mélanges matières plastiques avec leurs additifs.		<i>(Additifs tels que plastifiants, anti UV, ...)</i> Incinération, condensation, ...			

## LA SITUATION EN REGION CENTRE

### A/ LA REGION CENTRE

Composée de 6 départements couvrant une superficie comparable à celle de la Belgique, ce qui la place au 4<sup>ème</sup> rang national pour la taille, la région Centre reste surtout connue pour son patrimoine historique, son activité agricole et ses espaces forestiers. Vaste territoire assez peu peuplé puisque la densité de population est inférieure de presque moitié à la moyenne nationale, cette image d'une grande région céréalière et touristique est confirmée par une ruralité affirmée, plus marquée encore dans les départements du Sud de la Loire.

#### **A.1 - La géographie**

La région Centre s'étend sur 39 534 km<sup>2</sup> soit une superficie équivalente à celle des Pays-Bas ou de la Belgique. Située à égale distance de Barcelone, de Francfort, de Londres, de Milan, d'Amsterdam et de Gênes, elle tire sa richesse des 6 départements qui la composent : l'Eure-et-Loir au Nord, le Loir-et-Cher, l'Indre-et-Loire et le Loiret au Centre et l'Indre et le Cher au Sud.

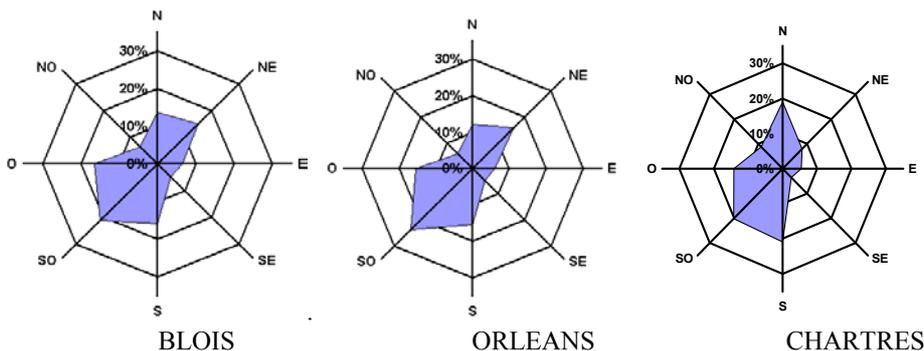
L'Orléanais, le Berry, la Touraine sont autant de « provinces » qui composent la région Centre où la douceur de vivre se marie avec la qualité de la vie

Que ce soit par la Beauce immensément plate, par le Berry rustique ou par la Gâtine Tourangelle au bocage verdoyant quand on aborde la région Centre (voir annexe 4.B4), avant même de découvrir les joyaux historiques, on est pris sous le charme de ces petites cités qui donnent au pays son aspect confortable : c'est Issoudun qui étage à flanc de coteaux ses rues étroites et raides, c'est Aubigny-sur-Néré et ses toits de tuiles plates, c'est Nogent-le-Rotrou qui étend au pied du coteau Saint-Jean ses quartiers anciens et modernes, c'est Vendôme arrimé sur les îles du Loir avec ses pignons et ses clochers. Beaucoup d'autres villes encore respirent un art de vivre équilibré, où « il fait bon vivre ».

#### **A.2 - Le climat**

Les précipitations et les températures mesurées en région Centre font l'objet d'un suivi particulier de Météo France (voir annexe 4.I1 à 4.I4).

Concernant les vents, la région Centre est fortement marquée par un axe Nord/Est – Sud/Ouest qui nous place, en période estivale, sous le transport des pollutions émises dans la région parisienne



Ces données sont également vérifiées (Roses des vents Météo France) sur les départements de l'Indre (Châteauroux), de l'Indre et Loire (Tours) et dans une moindre mesure dans le Cher (Bourges).

### **A.3 - La population**

Sources : - Données Economiques et Sociales du Centre - édition 1998 - INSEE CESR  
 - INSEE-Centre Info – Septembre 1998  
 - Tableau de bord économique et financier  
 - Comité départemental des services financiers

Caractéristiques générales : 2 454 550 habitants au 01.01.97  
 soit une densité de 62 habitants au km<sup>2</sup> (France : 107)  
 1 842 communes dont 1 590 communes rurales et 32 communes de plus de 10 000 habitants (Voir annexe 4.A1)

Principales agglomérations :

Tours	282 152 habitants	Châteauroux	67 090 habitants
Orléans	243 153 habitants	Montargis	52 804 habitants
Bourges	94 731 habitants	Dreux	48 191 habitants
Chartes	85 933 habitants	Blois	65 132 habitants

Préfecture de Région : Orléans  
Préfectures de département : Bourges (18), Chartres (28), Châteauroux (36), Tours (37), Blois (41), Orléans (45)

La population (année 1995) :

Nombre de naissances :	28 222
Taux de natalité :	11,6 ‰
Taux de mortalité :	9,9 ‰
Espérance de vie à la naissance	
Hommes :	74,6 ans
Femmes :	82,1 ans
Nombre annuel de mariages :	10 443
Nombre annuel de divorces :	4 515

L'évolution de la population constatée en 1999 :

<b>CARACTERISTIQUES GENERALES</b>	<b>1999</b>	<b>1990</b>
Population sans double compte	2 440 323	2 371 036
Densité (en hab./km <sup>2</sup> )	62	61
<b>LOGEMENTS</b>		
Nombre total de logements	1 183 072	1 094 872
Nombre de résidences principales	1 000 160	905 113
Nombre de résidences secondaires et logements occasionnels	98 598	112 433
Nombre de logements vacants	84 314	77 326
Nombre moyen d'occupants des résidences principales	2.38	2.56

Caractéristiques des variations de la population sans doubles comptes :

	1990-1999	1982-1990
Variation absolue de population	+69 287	+ 106 872
Solde naturel	+42 794	+49 118
Solde migratoire apparent	+26 493	+57 754
Taux de variation annuel (en %)	+0.32	+0.58

Les autres données :

- parc locatif social au 1.01.97 : 175.155 logements
- établissements scolaires 1er et second degré 97/98 : 2.979
- nombre d'étudiants université 97/98 : 39.619
- nombre de lits dans les établissements d'hospitalisation au 1.01.97 : 20.025
- parc automobile (voitures particulières de moins de 10 ans au 1.01.97) : 869.756

**A.4 - L'activité économique**L'emploi au 31/12/1996 :

- Population active totale : 1.077.069
- Emplois salariés : 798.511
  - Agriculture 15.410
  - Industrie 202.863
  - Construction 47.836
  - Tertiaire 532.402
- Emplois non salariés : 105.916
  - Agriculture 36.422
  - Industrie 7.995
  - Construction 12.005
  - Tertiaire 49.494

(au 31/12/1997)

- Demandeurs d'emplois en fin de mois : 117.134
  - moins de 25 ans 25.662
  - de 25 à 49 ans 76.470
  - 50 ans et + 15.002
- Taux de chômage au 30.06.98 : 10,8 %
- Salaire net annuel moyen en 1996 : 110.536 F

L'économie :

produit intérieur brut 1994 :	272.971 millions de F
établissements industriels (au 31.12.96)	12.692
commerces de détail de + de 300 m2	1.916
entreprises artisanales (1997)	33.499
exploitations agricoles (1995)	37.970
créations d'entreprises (1997)	7.657
défaillances d'entreprises (1997)	1.576
échanges commerciaux	
▪ exportations 1997	70 142 millions de F

- importations 1997      60 775 millions de F
- solde 1997              9 367 millions de F

## **A.5 - L'agriculture**

L'agriculture occupe une place très importante du territoire en utilisant 62 % de la superficie totale de la région (annexe 4.B2) , la forêt représentant pour sa part 23 % (annexe 4.B1). Grâce à cette importante surface agricole, le Centre se situe au deuxième rang des régions françaises. La part prépondérante que tiennent les céréales en fait la première région céréalière de France. Le Centre arrive également au premier rang au niveau des oléagineux.

Les productions spécialisées (horticulture, vigne, fruits et légumes) tiennent également une place importante puisqu'elles représentent près du quart des livraisons agricoles (annexe 4.B8).

Les productions animales tiennent une place plus modeste mais n'en sont pas moins très diversifiées (annexe 4.B6).

Avec sa surface agricole utilisée de 2 460 450 ha, la région Centre offre donc un éventail complet de tout ce qui fait la richesse de l'agriculture nationale, le « pétrole vert » de la France. Une polyculture savante associe labours et prairies (annexe 4.B7), cultures céréalières, fourragères, maraîchères et fruitières (annexe 4.A2). La Beauce, bien sûr, notre « grenier à blé » mais également les terroirs viticoles de Bourgueil Chinon, Vouvray, Montlouis, Sancerre, les prairies d'élevage du Val de Germigny, du Boischaud et du Perche, l'horticulture, le maraîchage et les vergers du Val de Loire..

### **Les structures des exploitations et l'emploi**

La région Centre compte 35 580 exploitations agricoles dont 22 300 exploitations à temps plein. Comme dans les autres régions, ce nombre a été réduit d'un tiers au cours des dix premières années, soit le taux de diminution national. La superficie des exploitations est voisine de 70 ha, très supérieure à la moyenne nationale, et elle ne cesse de s'agrandir au rythme d'environ 4 ha par an.

D'autre part, il faut noter que plus d'un quart des exploitations dépasse la taille de 100 ha, essentiellement dans le Cher et l'Eure-et-Loir. Ces grandes unités cultivent à elles seules les deux tiers de la S.A.U. régionale.

L'agriculture ne représente qu'environ 70 000 actifs travaillant sur les exploitations agricoles, soit 7,4 % de la population active. Sur ces 70 000 actifs agricoles, 10 000 sont des salariés, chiffre en progression lié à la diminution du nombre de chefs d'exploitation et à l'accroissement des surfaces cultivées.

Il convient d'ajouter à ces 10 000 emplois salariés permanents les emplois saisonniers qui représentent environ 3 500 équivalents temps plein.

### **Les productions végétales**

L'agriculture en région Centre est caractérisée par la forte proportion des grandes cultures qui représentent près de 70 % de la S.A.U. de la région, les céréales représentant près de 50 % de la S.A.U., ce qui place le Centre au premier rang des régions céréalières européennes.

Le blé tendre représente, à lui seul, un tiers de la S.A.U. et deux tiers de la surface en céréales.

L'orge, l'escourgeon et le maïs, restent importants mais ont vu leurs surfaces diminuer au profit du colza et des protéagineux qui se développent en cultures industrielles (production Diester). Les surfaces en betteraves sucrières restent stables avec 30 000 ha dont une partie est utilisée pour la production éthanol (800 ha).

Les grandes cultures (annexe 4.B2) ne sont toutefois pas les seules productions végétales de la région. On trouve, en effet, une grande diversité de productions spécialisées :

- L'**arboriculture** fruitière produit 160 000 tonnes de fruits sur environ 8 000 ha, essentiellement pommes (80 %) et poires.
- La **viticulture** avec deux zones de production à l'est du Berry (Cher, Indre) et en Touraine (Loir-et-Cher, Indre-et-Loire). Au total, ce sont 25 000 ha de vignes dont les deux tiers sont aujourd'hui en Appellation d'Origine Contrôlée.
- La **production légumière** regroupant du maraîchage sous serre, avec le Loiret qui produit 12 % de la production nationale de concombre, du maraîchage de plein champ (asperge, poireau, betterave rouge, etc..), des légumes pour l'industrie (haricots, pois de conserve, etc...).
- La **production horticole** (8,5 % de la production française) avec la pépinière (ornementale, fruitière et forestière) comme point fort.
- La **production de champignons de couche** avec un volume annuel supérieur à 40 000 tonnes, transformé à 80 % pour l'industrie.

### Les productions animales

Même si elles ne représentent qu'un quart des productions agricoles (en valeur), les productions animales sont non négligeables en région Centre et intéressantes par leur diversité (annexe 4.B6) :

La production laitière voit son effectif de vaches diminuer (environ 80 000 têtes). Elle est surtout présente en Indre-et-Loire (un tiers des vaches), dans le Perche (Eure-et-Loir, Loir-et-Cher) et dans le Berry (Est de la région). Une partie du lait produit est transformé dans la région, essentiellement en produits frais (fromages blancs) et desserts lactés. La production de lait de chèvre progresse légèrement et le tonnage de fromage fabriqué annuellement est d'environ 6 000 tonnes pour les cinq appellations d'origine contrôlée réparties au Sud de la Loire

La production de viande bovine concerne essentiellement le bassin allaitant du sud et du nord-ouest de la région en continuité des bassins charolais et limousin. Il s'agit essentiellement de production de brouillards, à partir d'un cheptel d'environ 190 000 vaches allaitantes.

La production ovine est en régression avec environ 200 000 brebis. La production se retrouve dans les bassins bovins allaitants de la région, ainsi que dans le Perche et la Sologne.

A l'inverse, la production porcine a progressé au cours des dix dernières années, entraînée par le développement de l'abattoir d'Orléans, très spécialisé dans l'abattage des porcs.

D'autre part, la région Centre se situe au troisième rang national pour la production avicole avec un volume de 90 000 tonnes environ, dont 45 % environ en dindes et 45 % en poulets de chair.

Enfin, on ne peut passer sous silence la production de gibier, liée aux pôles de chasse importants que représentent la Sologne et la Brenne, et l'aquaculture avec plus de 4 000 tonnes de poissons produites chaque année.

### **La forêt en région Centre**

Les forêts du Centre, avec 20 % de la superficie régionale, placent le Centre au huitième rang national. La superficie, qui croît de façon constante, dépasse 800 000 ha en 1998 (annexe 4.B1).

La forêt est essentiellement privée (86 %) et composée à 80 % de feuillus. Le chêne est particulièrement bien présent et de grande qualité. Pour cette production, la région se place dans les premiers rangs au niveau national.

Les conifères valorisent les sols pauvres de Sologne et de l'Orléanais. Le peuplier, très productif et très recherché par l'industrie, occupe les fonds de vallées humides délaissées par l'agriculture mais représente, toutefois, un quart du bois d'œuvre exploité régionalement.

La récolte de grumes dépasse 800 000 m<sup>3</sup>, mais est en recul au cours des dernières années, tant pour les feuillus que pour les résineux. Le bois de trituration a particulièrement chuté, du fait de la chute de production de la pâte à papier.

### **Les Industries AgroAlimentaires « I.A.A » -**

La part des Industries Agroalimentaires régionales dans l'activité nationale ne reflète pas la part importante de la production agricole. En effet, une partie non négligeable de la production est transformée à l'extérieur de la région.

On dénombre environ 150 entreprises de plus de 9 salariés, pour un chiffre d'affaires total de l'ordre de 23 milliards de francs. Au niveau de l'emploi, on retrouve une phase de croissance avec un effectif total dépassant 13 000 salariés.

Deux secteurs d'activité sont prépondérants :

L'alimentation du bétail, qui représente un tiers du chiffre d'affaires pour une dizaine d'entreprises, produit à la fois des aliments pour les animaux de ferme et les animaux d'agrément. Dans ce secteur, la région Centre se place au premier rang devant la Bretagne.

Le secteur de la viande qui représente un tiers des unités de la région, avec essentiellement les volailles (107 000 tonnes), et les porcins (27 000 tonnes également).

Dans le secteur laitier, le nombre d'unités de transformations a beaucoup diminué, ne représentant qu'une trentaine d'unités dans la région dont la moitié traitent du lait de chèvre. Dans ce domaine, la région se situe au second rang national, l'industrie traitant plus de 40 000 litres pour un tonnage global de près de 6 000 tonnes de fromage.

En lait de vache, une partie importante est traitée hors du département.

## **A.6 - L'industrie**

### **La 5ème région industrielle française**

Pourtant, bien que méconnue, l'industrie de la région Centre se classe cinquième au plan national pour l'effectif salarié, sixième pour le PIB et troisième pour l'activité de sous-traitance. Au 1er janvier 1997, le Centre comptait 8.400 établissements représentant 174.000 emplois et appartenant à des secteurs aussi divers que la pharmacie, l'aéronautique, l'industrie automobile et l'habillement confection. La région Centre a hérité d'une histoire industrielle ancienne avec l'apparition au siècle dernier de l'industrie de la chemise à Argenton-sur-Creuse dans l'Indre, de la porcelaine entre

Vierzon et Bourges dans le Cher et des arsenaux à Bourges après la guerre de 1870-71. La proximité de la région parisienne lui a permis de bénéficier largement des décentralisations des années 50 qui ont contribué à l'émergence de secteurs industriels modernes tels que la pharmacie, l'électronique, la plasturgie ou l'automobile. Le phénomène a particulièrement profité aux départements proches de l'Ile-de-France comme l'Eure-et-Loir ou le Loiret qui ont vu leur population active industrielle doubler entre 1954 et 1975 et, dans une moindre mesure, au Sud de la région (Indre et Cher).

#### **Un tissu industriel varié avec des secteurs traditionnels et des industries de pointe**

Aujourd'hui, les secteurs les plus représentés dans le Centre par rapport à leur présence nationale sont :

- l'industrie des équipements mécaniques
- la pharmacie parfumerie
- la plasturgie.

L'habillement, la métallurgie et l'électronique sont d'autres spécificités moins affirmées de l'industrie régionale. Ces secteurs connaissent des évolutions diverses qui sont le reflet des mutations industrielles des 20 dernières années, avec notamment le déclin des activités traditionnelles et l'émergence des industries de pointe. Parmi les secteurs en déclin, l'habillement confection qui est surtout présent dans le département de l'Indre représente encore 560 établissements et plus de 10 000 emplois mais connaît la baisse la plus sévère en nombre d'effectifs et d'établissements. Celle-ci a dépassé 4000 emplois pour la seule période 1993-1997 et devrait encore se poursuivre malgré une réorganisation des circuits de sous-traitance et de production. Deuxième secteur traditionnel en reconversion, l'industrie de l'armement aéronautique concerne environ 300 établissements et 25 000 emplois. De grands établissements comme MATRA ou l'AÉROSPATIALE côtoient un tissu fourni de sous-traitants, souvent des secteurs de la métallurgie et des équipements mécaniques qui cherchent progressivement à se diversifier en utilisant leur potentiel technologique élevé. Secteur en crise, due à la baisse des commandes nationales et à une conjoncture internationale défavorable, l'industrie de l'armement en région Centre a connu une diminution d'un tiers de son chiffre d'affaires entre 1990 et 1996 et demeure particulièrement menacée. Via l'activité de sous-traitance, ceci s'est traduit par une baisse de presque 10 % en effectifs au cours des 5 dernières années sur les secteurs de sous-traitance en équipements mécaniques et métallurgiques.

D'autres secteurs bien représentés en région Centre et moins concernés par un déclin industriel progressif subissent des mutations internes profondes, soit parce que les entreprises se modernisent, soit parce qu'un contexte concurrentiel particulier les conduit à se restructurer. Il s'agit des secteurs des équipements du foyer, de l'imprimerie et de la plasturgie pour lesquels les effectifs diminuent globalement et parfois de façon importante, alors que le nombre d'établissements augmente. Enfin, deux secteurs connaissent un essor remarquable : la pharmacie parfumerie tout d'abord, très marquée par la présence de grands établissements (DIOR, GEMEY, SERVIER, SISHEIDO, NOVARTIS, ...) et l'industrie des équipements électriques et électroniques pour lesquels l'augmentation de l'effectif salarié au cours des 5 dernières années a dépassé 10 %.

Par ailleurs, le secteur de la production d'énergie est particulièrement représenté en région Centre avec quatre centrales nucléaires employant 4 000 salariés et contribuant pour 17 % à la production nationale d'électricité.

### **L'importance de la sous-traitance**

L'importance de la sous-traitance s'explique par la présence forte des industries d'armement et automobile. La filière automobile seule, avec presque 300 établissements et 40 000 emplois, est le premier employeur régional même si la présence d'un seul constructeur (MATRA à Romorantin) ne permet pas de soupçonner que le Centre est une région où l'industrie automobile est bien implantée. Pourtant, équipementiers, sous-traitants de premier et de second rangs, bénéficient de l'évolution positive du marché de l'automobile et de son externalisation croissante. Cette sous-traitance concerne surtout la métallurgie et le travail des métaux et, dans une moindre mesure, la plasturgie. Bénéficiant majoritairement de la position stratégique de la région Centre et de son réseau d'infrastructures, des groupes tels que VALEO ou DELPHY (ex LUCAS VARITY) comptent parmi les premiers employeurs régionaux.

### **Des relations privilégiées avec l'Ile-de-France**

L'historique de l'industrialisation de la région Centre explique les relations particulières que celle-ci entretient avec l'Ile-de-France. Plus du tiers des effectifs salariés industriels de la région dépendent d'un siège social situé en région parisienne. Grande gagnante des décentralisations d'après-guerre, l'industrie du Centre est aussi marquée par l'installation d'établissements appartenant à des groupes étrangers américains, hollandais, britanniques ou japonais. Ainsi, 12 % des effectifs industriels de la région Centre dépendent d'un groupe américain. Cette attractivité régionale a permis pendant plusieurs décennies de justifier d'une politique d'incitation à l'installation dans le Centre d'établissements de la région parisienne. La désindustrialisation profonde de l'Ile-de-France (330 000 emplois perdus en 13 ans) et le transfert progressif vers des activités tertiaires, à l'intérieur du bassin de compétences constitué par l'Ile-de-France, risque cependant à terme de remettre en cause une telle stratégie basée sur un développement exogène.

### **Les démarches environnementales**

Initiée depuis le milieu des années 90, la certification ISO 14000 tend à se développer. Parallèlement, « l'engagement de progrès », signé par plus de 70 % des industriels de la région Centre dans le secteur de la chimie a également inscrit la qualité de l'air comme un de ses objectifs.

Les Chambres départementales et régionales du Commerce et de l'Industrie soutiennent et conseillent, par leurs services environnement prolongés par des associations locales (CIEL, ACRED...), les industriels dans leurs démarches environnementales.

## **A.7 - L'artisanat**

Le secteur artisanal compte une très grande diversité de métiers qui sont autant de sources diffuses et variées de pollution. On relève cependant des secteurs particulièrement générateurs de substances polluantes dans l'atmosphère : le secteur des industries graphiques (les imprimeries notamment), le secteur des services (pressings, taxis, ambulanciers), le secteur de la mécanique (traitement de surface notamment) et le secteur du bâtiment avec les peintures et la pratique du brûlage des déchets de chantier.

En 1999, on dénombrait 33 300 entreprises artisanales pour 104 000 emplois. Ces entreprises représentent 11,5 % de la population active en région Centre et ont en moyenne 2,5 salariés chacune. Pour cette raison elles manquent des moyens humains nécessaires pour s'informer et se mettre à jour sur la réglementation environnementale et les technologies propres.

On compte en région Centre environ 247 imprimeries de « labeurs », 239 pressings et 65 entreprises de traitement de surface inscrites au registre des métiers.

Le secteur du bâtiment représente en région Centre environ 13000 entreprises dont 2043 ayant une activité de peinture. Pour le brûlage on estime qu'entre 26 000 et 40 000 tonnes de déchets sont brûlés tous les ans en région Centre par des entreprises artisanales du bâtiment. En effet, les quantités de déchets générés individuellement par les entreprises artisanales sont souvent trop faibles pour justifier le déplacement d'un collecteur : les volumes minima collectés sont hors de proportion avec les quantités produites par l'artisan. Les filières habituelles de collecte et d'élimination ne sont pas adaptées à la très petite entreprise.

La multiplicité des chantiers ne permet pas un contrôle suffisant de l'application de la réglementation actuel et donc ne facilite pas l'évolution rapide de l'organisation de la gestion des déchets.

### **A.8 - L'énergie**

La région Centre présente une forte implantation de centrales nucléaires (4 sites) qui ont produit 70 milliards de kWh en 1998 soit plus de 15 % de la fourniture nationale d'énergie électrique toutes sources de production confondues. La région Centre est donc un fournisseur important d'énergie électrique d'origine nucléaire. Par contre, son manque de relief ne lui permet qu'une production hydraulique marginale.

#### **Centres nucléaires de production d'électricité :**

SAINT LAURENT DES EAUX	2 réacteurs à eau sous pression de 900 MWe
CHINON	4 réacteurs à eau sous pression de 900 MWe
DAMPIERRE EN BURLY	4 réacteurs à eau sous pression de 900 MWe
BELLEVILLE SUR LOIRE	2 réacteurs à eau sous pression de 1 300 MWe

La "source froide" que représente la Loire et le positionnement géographique de la région dans l'hexagone ont bien sûr une importance majeure dans l'explication de ce développement qui permet à la région d'apporter une contribution exceptionnelle aux besoins nationaux.

#### **Production d'électricité** (Source : EDF Energie Loire)

en milliards de kWh (EDF)	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
<b>THERMIQUE</b>							
Nationale	30,4	12,6	13,2	17,7	21,2	16,5	29,5
Régionale	-	-	-	-	-	-	-
%	-	-	-	-	-	-	-
<b>NUCLEAIRE</b>							
Nationale	322	350	342	358	375	376	368
Régionale	75,5	73,9	70,3	72,7	74,7	76	70,36
%	23,45	21,10	20,55	20,30	19,90	20,21	19,12
<b>HYDRAULIQUE</b>							
Nationale	65,3	61	72,7	68,3	61,8	61	59
Régionale	0,15	0,14	0,23	0,18	0,16	0,09	0,14
%	0,23	0,23	0,31	0,26	0,23	0,15	0,24
<b>TOTAL</b>							
Nationale	417	424	428	444	458	454	456,5
Régionale	75,6	74,1	70,5	72,6	74,9	76,1	70,5
%	18,1	17,5	16,5	16,4	16,4	16,8	15,44

Le solde régional est largement exportateur puisque avec ses 70 milliards de kWh la production couvre plus de quatre fois la consommation (16 milliards de kWh).

Parallèlement, la région Centre a consommé, en 1999, 1 Mm3 de fuel domestique (8<sup>ème</sup> rang national, source Comité Professionnel du Pétrole) soit une réduction d'environ 6 % par rapport à 1998 pour seulement 78 600 m3 de fuel (13<sup>ème</sup> rang national), les « bas taux de soufre » (BTS) et « très bas taux de soufre » (TBTS) représentant près de 70 % de cette consommation.

## **A.9 - Les voies de communication**

Avec 5 autoroutes qui la traverse (A6, A10, A11, A71 et A20) et 1 700 km de routes nationales, la région Centre dispose d'infrastructures routières relativement denses. Toutes les principales villes sont desservies par l'autoroute et le train. 20 % du trafic total Paris/province passe par la région Centre. Cependant, les axes transversaux sont actuellement peu structurants (annexe 4.E1).

Le réseau TER Centre se développe grâce aux différentes conventions signées entre la Région Centre et la SNCF. Le matériel roulant se modernise, de nouveaux automoteurs TER apparaissent sur les lignes, les dessertes et correspondances sont sans cesse adaptées et améliorées.

Des projets d'inter modalité (routes/ferroviaires) sont à l'étude pour le transport des marchandises comme pour les voyageurs.

### **A.9.1 - Le mode routier**

#### **A.9.1.1 - Le réseau**

La région Centre compte, au 1<sup>er</sup> Janvier 2000, 29149 km de routes et autoroutes se décomposant en :

Autoroutes :	700 km (7,5 %)
routes nationales :	1 713 km (6 %)
routes départementales :	26 436 km (7,3 %)
(% = pourcentage du total national pour le réseau analogue)	

On rappellera que la région Centre occupe environ 7 % du territoire national.

#### **A.9.1.2 - Le trafic**

Il varie suivant les différentes catégories de routes et les saisons. En moyenne journalière calculée sur une année (TMJA) le trafic est (deux sens confondus) :

- de quelques milliers de vh/j sur les routes départementales (souvent moins de 5 000 vh/j)
- de 5 000 à 25 000 vh/j sur les routes nationales
- de 11 000 à 40 000 vh/j sur les autoroutes.

Ces valeurs concernent les itinéraires interurbains. Des valeurs supérieures sont relevées dans les agglomérations ou à leur voisinage immédiat. Ainsi le trafic sur l'A 10 a été en 1998 de :

57 000 vh/j à la traversée d'Orléans  
60 000 vh/j à la traversée de Tours.

Au titre de comparaison le trafic moyen calculé sur l'ensemble de la France est de :

- 29 000 vh/j sur les autoroutes
- 9 850 vh/j sur les routes nationales
- 1 300 vh/j sur les routes départementales

Des fluctuations saisonnières importantes sont enregistrées sur les itinéraires empruntés par les grandes migrations (estivales essentiellement). Ainsi, sur l'Autoroute A 10, des trafics de 50 % supérieurs à la moyenne sont enregistrés en été ou en fin de semaine.

Le taux de poids lourds dans le trafic total est très variable d'un itinéraire à l'autre et au sein d'une même relation :

- Sur les routes d'intérêt local il est en général au maximum de 10 %.
- Sur les routes (nationales et grands axes départementaux) qui structurent le territoire régional il est compris en général entre 15 et 20 % mais peut atteindre des valeurs encore supérieures sur certains itinéraires qui ne supportent d'ailleurs pas des trafics totaux très élevés (par exemple 35 % sur la RN 76 à l'Est de Bourges où le trafic total est de 5 à 6000 vh/j. Ce pourcentage élevé s'explique par un fort trafic de transit lourd qui emprunte la RN 76 en direction de Rhône - Alpes plutôt que l'A71 plus longue et à péage).
- Sur les autoroutes le taux de PL est assez variable :
  - sur A 10 15 % au Nord d'Orléans  
20 à 22 % entre Orléans et Tours  
26 % au Sud de Tours
  - sur A 11 de l'ordre de 25 %
  - sur A 71 de l'ordre de 15 % entre Orléans et Vierzon  
17 % entre Vierzon et Bourges  
7 % au Sud de Bourges (cf. ci-dessus évacuation de trafic par la RN 76)
  - sur A 20 de 15 à 20 % (valeurs mesurées avant la mise en service complète).

#### A.9.1.3 - Le parc de véhicules

Au 1<sup>er</sup> janvier 1999, le parc des véhicules utilisés en région Centre était très proche du poids de la région dans l'économie nationale (4 %) :

voitures particulières : 1 214 336 (4,24 %)    autobus et autocars : 3 842 (4,52 %)  
camions et camionnettes : 25 109 (4,52 %)    tracteurs routiers : 7 293 (3,96 %)  
(% du total national)

Il s'agit du parc de véhicules de moins de 15 ans. En ce qui concerne les carburants utilisés par les voitures particulières -cet élément est important car les types et les quantités d'émissions ne sont pas les mêmes pour les véhicules à essence et ceux au diesel- on ne dispose de renseignements que pour les véhicules de moins de 10 ans :

Combustible	Nombre	% régional	référence nationale (%)
Essence	484 847	55,9	58,4
Gaz oil	379 765	43,8	41,2
GPL	2 614	0,3	0,3

Il y a proportionnellement un peu plus de véhicules diesel en région Centre. Les immatriculations actuelles confirment cette situation.

A titre d'indication il a été immatriculé en 1998 en région Centre :

- en occasion 129 331 VP à Essence et 84 417 VP Diesel
- en neuf 38 007 VP à Essence et 29 515 VP Diesel

Ainsi pour un véhicule à essence immatriculé en région Centre il a été immatriculé 0,65 (en occasion) ou 0,77 (neuf) véhicule diesel. Pour la France entière les ratios comparables sont respectivement : 0,62 ou 0,68.

En 1998 il a été immatriculé en région Centre :

689 véhicules neufs fonctionnant au GPL bicarburation (23 437 en France)  
6 véhicules neufs fonctionnant à l'électricité (505 en France).

Au 31 décembre 1998 on recensait en région Centre 2 614 véhicules particuliers fonctionnant au GPL (72 216 en France) et 24 à l'électricité (1 387 en France).

Si on se réfère à son poids dans l'économie nationale (4 %) la région Centre est en retrait pour l'équipement au GPL et encore plus pour l'électricité.

### A.9.2 - Le mode ferroviaire

Consistance du réseau (en km au 31 décembre 1998)

	France	Centre	Centre /France (%)
Longueur	33 125	2 186	6,6%
Electrifié	14 114 (42,6%)	879 (40%)	6,2%
Non électrifié	19 011 (57,4%)	1 307 (60%)	6,9%

Une grande proportion du trafic est acheminée en traction électrique. En moyenne sur l'ensemble du réseau français 90 % du trafic tant fret que voyageurs est acheminé en traction électrique.

En région Centre la principale ligne non électrifiée est constituée par les tronçons Tours-Vierzon (110 Km) et Bourges-Saincaize (60 Km) de la transversale Nantes-Lyon.

### A.9.3 - Le mode aérien

Les principaux aéroports de la région sont localisés à Châteauroux, Bourges, Tours et Orléans (St Denis de l'Hôtel).

Nombre de mouvements (commerciaux) d'appareils recensés en 1998 :  
(1 mouvement = un atterrissage ou un décollage)

Châteauroux	536	
Bourges	91	
Tours	1 236	
Orléans	179	(voir annexe 4.E2)

A ces mouvements commerciaux il y a lieu d'ajouter les vols d'entraînement particulièrement nombreux à Châteauroux : de l'ordre de 11 500 par an soit 23 000 mouvements s'effectuant avec des avions de ligne.

On peut rattacher aux mêmes préoccupations les vols au voisinage des bases militaires de la région pour lesquelles les éléments suivants ont été recueillis pour l'année 1999.

Base	Mouvements	Approche
Orléans Bricy	24 574	28 877
Châteaudun	12 875	12 415
Avord	43 717	24 818
Tours (BA 705)	49 657	22 988

Mouvement = atterrissage ou décollage  
Approche = passage au-dessus de la base à des altitudes diverses

#### A.9.4 - Le mode fluvial

Les canaux de l'Est de la région contribuent de façon très marginale au transport de marchandises : sur la partie la plus circulée (canal du Loing au Nord de Montargis) on enregistre un trafic de l'ordre de 30 000 t/an avec un passage d'une péniche par jour. Le gabarit Freycinet de ces canaux se prête mal à un développement du trafic commercial

La navigation de plaisance entraîne une certaine fréquentation de ces canaux (de l'ordre de 2000 passages par an).

#### A.10 - Des écosystèmes variés et sensibles

La région Centre offre l'un des cadres naturels les plus riches et diversifiés de France. Les influences combinées des conditions physiques (climat, géologie), biologiques (faune, flore) et des activités humaines ont engendré le développement d'espèces végétales à caractère atlantique, méditerranéen et montagnard et des paysages agricoles variés. Six types principaux de paysages agricoles caractérisent la région Centre : forêts, champagnes, gâtines, bocages, vallées et cours d'eau, zones humides. A ceux-ci s'ajoutent les paysages ponctuels des cultures spéciales (annexe 4.A2).

##### A.10.1 - Les massifs forestiers

Avec 810 000 hectares et un taux de boisement global de 21 % de la superficie régionale, les forêts de production du Centre occupent la 8<sup>ème</sup> place des régions françaises avec toutefois une forte disparité des taux de boisement selon les départements (de 12 % en Eure-et-Loir à 28 % en Loir-et-Cher).

Chaque année, les surfaces boisées s'accroissent de 2 000 hectares en moyenne depuis le début du 20<sup>ème</sup> siècle.

Grâce au **chêne**, essence précieuse par excellence, qui occupe 64 % des peuplements forestiers, la région Centre bénéficie d'une renommée européenne. Elle se place au 2<sup>ème</sup> rang des régions françaises en volumes totaux sur pied (même rang en volumes exploités) et au 1<sup>er</sup> rang national pour la production de chêne de tranchage.

Les **pins** (sylvestre, maritime et laricio) valorisent les sols pauvres (Sologne, Orléanais, Gâtines). Le Centre se place au 4<sup>ème</sup> rang des régions françaises en volumes totaux sur pied pour ces trois essences et au 3<sup>ème</sup> rang en volumes exploités).

Les **peupliers**, très productifs et très recherchés par l'industrie, occupent les basses vallées délaissées par l'agriculture. Le Centre se place au 4<sup>ème</sup> rang des régions françaises en volumes totaux sur pied (même rang en volumes exploités représentant le 1/4 du bois d'œuvre exploité régionalement).

Les forêts domaniales, soit une trentaine, concernent 101 000 hectares.

Les forêts privées, avec près de 700 000 hectares dont 55 % sont dotés d'un plan simple de gestion contrôlé par l'Etat (le plus fort taux des régions françaises), représentent une richesse économique actuelle et potentielle considérable dont la diversité des gestions est gage de sécurité et source de diversité biologique et paysagère.

La caractérisation et le suivi des écosystèmes forestiers<sup>7</sup> mettent en évidence que la région Centre se distingue par :

- des sols pour partie très acides, mais relativement moins désaturés que les sols d'autres régions pour des pH comparables,
- des dépôts acides et azotés modérés, a priori insuffisants pour conduire à une acidification rapide des sols forestiers,
- l'absence d'une détérioration importante de la vitalité apparente (état des cimes) des peuplements, d'une ampleur comparable à celle constatée depuis quelques années dans d'autres régions françaises, à l'exception notable du chêne pédonculé qui suit la tendance défavorable observée plus largement dans la moitié Nord de la France.

Les forêts de la région Centre sont donc dans un état sanitaire satisfaisant.

En superposant la carte des ZNIEFF (annexe 4.B9) à celle de la répartition des massifs forestiers, il apparaît que ces derniers occupent une très grande superficie des ZNIEFF. On peut en déduire que les forêts sont des milieux de grand intérêt écologique.

### **A.10.2 - Les paysages agricoles**

#### **Les Champagnes**

Ce terme (ou celui de Champeignes) désigne des terroirs agricoles au paysage ouvert, souvent considérés comme monotones. Ce sont ceux de la Beauce, de la Champagne Berrichonne et de la Champagne Tourangelle. La place prépondérante de l'agriculture réduit parfois à l'extrême la surface laissée aux milieux naturels.

Ces zones d'agriculture intensive renferment des espèces rares d'oiseaux steppiques (pouvant vivre dans un espace peu varié : busard cendré, perdrix grise, caille des blés, ...) et une faune et une flore méridionales favorisées par les terrains chauds que sont les zones de calcaire affleurant.

#### **Les Gâtines**

Les paysages dits de Gâtines se caractérisent par une présence importante de la couverture forestière organisée en boisements épars. Traditionnellement, ce sont des régions de polyculture ou de polyculture-élevage où les céréales et les oléagineux gagnent aujourd'hui du terrain.

---

7 - Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, n. d. : Région Centre. Indicateurs de suivi de la santé des forêts et des conditions environnementales. Orientations régionales forestières. 13 p.

Si l'on ne peut décrire d'espèces floristique et faunistique typiques de ces pays, la juxtaposition de la forêt, des cultures et des prairies est souvent favorable à une large diversité d'espèces.

### Les Bocages

Les bocages se caractérisent par des réseaux de haies parfois très denses délimitant des parcelles le plus souvent vouées à l'élevage. Ils engendrent ainsi des paysages intimes mais aussi variés du fait de la juxtaposition de multiples petites entités.

Le bocage qui associe les espèces des milieux ouverts (prairies ou cultures) et des lisières forestières est l'une des formes de l'occupation du sol les plus favorables à la diversité de la faune.

### Les Vignobles, Vergers et Cultures Maraîchères

Les cultures spéciales, principalement situées le long des vallées ou à leurs abords et sur les coteaux, sont disséminées sur l'ensemble de la région sous forme de guirlandes discontinues ou de tâches sporadiques.

- Les vignobles dits "de Loire" sont principalement situés sur les coteaux qui bordent la Loire, le Cher, l'Indre et la Vienne, la moitié des surfaces viticoles étant situées en Indre-et-Loire.
- Les vergers qui produisent des pommes et accessoirement des poires et des baies sont situés, pour 90 % des superficies, dans l'Indre-et-Loire (basse vallée de l'Indre aux environs d'Azay-le-Rideau), le Cher ("Forêt" de St-Martin-d'Auxigny) et le Loiret (Val d'Orléans).
- Si l'horticulture fait la singularité du Val d'Orléans, on la retrouve dans le Val Blésois et la Sologne viticole, ainsi qu'en Touraine et aux abords de la Vallée d'Anjou.

#### A.10.3 - Les principales vallées

La région Centre appartient à deux bassins versants : celui de la Loire pour l'essentiel et celui de la Seine qui recouvre le Nord-Est du département du Loiret et une partie d'Eure-et-Loir.

Seules les vallées d'une certaine ampleur déterminent un paysage et une unité naturelle propres. Les autres ne font qu'introduire une diversité particulière dans les territoires qu'elles traversent (annexe 4.B5).

➤ Le cours de **la Loire** peut être divisé en trois unités distinctes :

- Du Bec d'Allier aux environs de Gien, le *Val Berrichon* se caractérise par la présence marquée d'éléments ligneux (saules, saules blancs, peupliers). Le lit majeur est largement exploité par l'agriculture. Le val Berrichon est un des derniers espaces fréquentés par la loutre.
- Dans le *Val de Loire Orléanais*, les masses boisées régressent au profit des îles et des grèves sableuses où les différents niveaux de l'eau déterminent divers types de végétaux (plantes de vases au cycle de végétation très bref, plantes de grèves sableuses) et l'occupation d'une grande variété d'oiseaux (sternes nichant sur les îlots dénudés, échassiers migrateurs se nourrissant sur les vases découvertes par la baisse des eaux, ...). L'agriculture exploite la quasi-totalité du lit majeur ou "Val d'Or" aux terres meubles et riches.
- Les caractéristiques naturelles du *Val de Loire Tourangeau* et des *basses vallées du Cher et de la Vienne* sont assez semblables à celles décrites en amont.

➤ La moyenne **Vallée du Loir** se caractérise par un fond largement dominé par les prairies de fauche et les coteaux calcaires partiellement cultivés qui recèlent de nombreuse orchidées. Les nombreuses anfractuosités et anciennes carrières souterraines abritent espèces de chauves-souris et

les plans d'eau ouverts pour l'extraction de matériaux attirent des espèces aquatiques (sternes, canards, ...).

#### A.10.4 - Les zones humides

##### Définition générale d'une zone humide

Le livre II, titre 1<sup>er</sup> du Code de l'environnement (art.L211-1) donne une définition assez précise des zones humides : "On entend par zones humides, les terrains exploités ou non, habituellement inondés ou gorgés d'eau douce, salée ou saumâtre de façon permanente ou temporaire ; la végétation, quand elle existe, y est dominée par des plantes hygrophiles pendant au moins une partie de l'année".

En fait si cette définition officielle essaie de dresser un panorama assez large des différents types de milieux que l'on peut rencontrer sous cette appellation, il semble beaucoup plus explicite de les caractériser comme des **zones de transition entre la terre et l'eau**. Elles apparaissent ainsi immédiatement comme des étapes essentielles au cycle de l'eau et donc au cycle de la vie.

##### Les zones humides régionales

Avec la Loire, la Sologne et la Brenne, la région Centre a le rare privilège d'héberger sur son territoire **trois zones humides d'importance internationale** qui ne doivent cependant pas faire oublier la multitude de zones humides plus petites (cf. liste en annexe 4.B12).

La Sologne et la Brenne ont en commun les étangs, les zones marécageuses et les landes sèches. Le paysage solognot tend à se fermer de plus en plus, alors que le relatif maintien de l'agriculture en Brenne préserve une plus grande variété de l'occupation des sols.

La flore est largement dominée par les espèces inféodées aux terrains acides humides ou secs et la faune se caractérise par la présence de nombreux oiseaux. En effet, la Sologne et la Brenne sont des étapes migratoires importantes entre l'Europe du Nord et le continent Africain, des zones d'hivernage et de reproduction.

##### Des fonctions essentielles

Le rôle indispensable des zones humides comme régulateur du cycle de l'eau est indissociable de la diversité biologique qu'elles abritent. En effet, les systèmes vivants complexes qui s'organisent dans ces zones permettent au milieu de résister aux multiples agressions et rendent possible le recyclage des matières organiques, qui sans cela, affecteraient la bonne qualité des eaux.

Les zones humides exercent, par exemple, un rôle important de réapprovisionnement ou de "recharge" des nappes d'eau souterraines par infiltration des eaux à travers le sol. La structure biologique du sol (bactéries, micro-faune, végétation) tient lieu de filtre permettant d'obtenir une eau de bonne qualité, préservant ainsi les ressources en eau potable. En période d'étiage, cette fonction est essentielle pour la régulation des débits des cours d'eau qui sont alors rechargés par les eaux de la nappe alluviale, elle-même réapprovisionnée par les zones humides avec lesquelles elle est en contact. On estime ainsi **que les zones alluviales du bassin de la Loire** stockent autour de 10 milliards de m<sup>3</sup> d'eau.

Les zones humides contribuent également à contrôler les crues en stockant de façon plus ou moins importante les eaux pour les restituer ensuite plus lentement. Elles permettent parfois un écrêtement des crues en retardant l'écoulement des eaux des petits affluents et en empêchant ainsi l'arrivée simultanée de ces petits pics de crue à la rivière principale.

##### Les zones humides et le SDAGE

Le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux Loire Bretagne fait de la sauvegarde et de la mise en valeur des zones humides l'un de ses sept objectifs principaux. Ce schéma insiste sur le fait que ces "zones méritent d'être considérées comme des *infrastructures naturelles* dans les

politiques d'équipement, de modernisation agricole, de tourisme, de gestion de l'eau" et que, par conséquent, "leurs valeurs fonctionnelles et patrimoniales sont indissociables".

D'une manière générale, l'ensemble des préconisations du SDAGE Loire-Bretagne demande que les zones humides soient **prises en compte dans l'établissement des schémas directeurs pour l'organisation et l'affectation de l'espace** et des plans d'occupation des sols.

Le SDAGE Seine-Normandie marque également une volonté forte de reconnaissance des zones humides. Sur ce bassin, le SDAGE préconise notamment sur des sites prioritaires l'inscription de ces zones dans les documents d'urbanisme ou encore l'interdiction de certains aménagements et la réalisation d'études hydrauliques, économiques et écologiques approfondies pour tout aménagement relevant des procédures d'autorisation et de déclaration de l'article L214-1 du livre II, titre 1<sup>er</sup> du Code de l'environnement.

#### **A.10.5 - Les espaces à fort intérêt patrimonial**

##### **Les Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique (ZNIEFF)**

Les divers sites d'intérêt écologique faisant l'objet d'une protection se retrouvent en totalité ou en partie dans les Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique (ZNIEFF). Seules ces dernières, localisées sur la carte correspondante, ont donc été prises en compte (annexe 4.B9).

L'inventaire des ZNIEFF, mis en œuvre à partir de 1982, permet d'apprécier la grande variété des richesses biologiques des milieux de la région Centre précédemment décrits. Deux types de zones sont définis :

- les Zones de type I sont des secteurs de superficie en général limitée, caractérisés par leur intérêt biologique remarquable. Elles représentent 3,6 % de la surface régionale.
  - les Zones de type II correspondent à de grands ensembles naturels riches et peu modifiés, ou qui offrent des potentialités biologiques importantes. Elles représentent 13,9 % de la surface régionale.
- Au total, 779 zones (647 de type I, 132 de type II) couvrent une superficie de 6 817 km<sup>2</sup>. Les milieux les plus représentés sont, par ordre décroissant, les marais et tourbières, les forêts et les bois, les plans d'eau, les cours d'eau lents, les prairies humides, les landes ou friches et les bocages.

##### **Les sites classés ou inscrits (annexe 4.C3)**

###### Champ d'application

Le Code de l'Environnement (articles L.341-1 à 21) instaure une protection des sites pour lesquels la conservation ou la préservation présente un intérêt général d'un point de vue artistique, historique, scientifique, légendaire ou pittoresque. Le terme de site englobe la notion de sites ponctuels mais aussi celle de sites étendus.

###### Objectifs

- Le **classement** a pour objectif la protection et la conservation d'un espace naturel ou bâti, quel que soit son étendue. Il correspond à une reconnaissance nationale des caractéristiques d'un site. Cette procédure est très utilisée dans le cadre de la protection d'un "paysage".
- L'**inscription** a pour objectif la conservation de milieux et de paysages dans leur état actuel, de villages et de bâtiments anciens, la surveillance des centres historiques. Conçue à l'origine comme une mesure préalable au classement, l'inscription est devenue un outil de reconnaissance de la qualité d'un espace naturel ou bâti dont l'évolution doit être suivie. Actuellement, cette protection est surtout utilisée pour les espaces bâtis, ou aux abords des sites classés.

Les sites classés ou inscrits en région Centre

Les 97 sites classés couvrent une superficie de 4 488,42 hectares et les 188 sites inscrits une superficie de 22 272,97 hectares. La superficie régionale totale faisant l'objet d'une protection au titre de la loi du 2 mai 1930 est de 26 761,39 hectares. La répartition départementale des sites classés ou inscrits est la suivante :

Départements	Sites classés		Sites inscrits	
	Nombre	Superficie évaluée (ha)	Nombre	Superficie évaluée (ha)
Cher	9	265,83	18	1 193,05
Eure-et-Loir	7	1 013,53	23	6 145,51
Indre	11	751,32	23	3 519,16
Indre-et-Loire *	30	851,59	70	8 327,52
Loir-et-Cher	11	428,50	31	1 113,21
Loiret	30	1 177,65	23	1 974,52
<b>Total *</b>	<b>97</b>	<b>4 488,42</b>	<b>188</b>	<b>22 272,97</b>

Indre-et-Loire \* : Il manque la superficie de certains sites inscrits et sites classés. Mise à jour en cours de réalisation.

Total \* : Le total régional diffère de la somme des totaux départementaux en raison du site classé interdépartemental Cher / Loiret (Etang du Puits et ses berges à Argent-sur-Sauldre). Les superficies tiennent compte du double compte.

Il manque la superficie de certains sites inscrits et classés.

A défaut de ne pouvoir fournir la typologie (site naturel ou bâti ou mixte) des sites classés ou inscrits, la caractérisation des sites est communiquée en annexe (excepté la totalité des sites du département de l'Indre-et-Loire qui a récemment fait l'objet d'un inventaire complémentaire).

**A.11 - Les espaces bâtis****A.11.1 - Un patrimoine bâti riche, représentatif des ressources régionales**

Les établissements humains qui constituent les espaces bâtis de la région Centre sont l'expression de l'histoire et de la diversité du milieu naturel. Il y a bien sûr les points d'arrêts obligatoires : Orléans, capitale régionale, ville de Jeanne d'Arc, Chartres et sa prestigieuse cathédrale, Bourges et son passé médiéval, Azay-le-Rideau chargé d'histoire, Valençay et ses dômes, Chambord et le magnifique désordre de ses toits. Somptueux châteaux, églises romanes, villes d'art et d'histoire, manoirs de chaume, gentilhommières renaissance font de la région Centre, après l'Île-de-France, la plus riche concentration de monuments classés ou inscrits à l'inventaire (annexe 4.C1).

La route Jacques Cœur offre du Sud du Loiret jusqu'au Cher une admirable succession d'architecture du Moyen Age à la Renaissance, tandis que la route François 1er part d'Orléans pour aller jusqu'à Nohant, à la recherche du profond BERRY tant imprégné du souvenir de George SAND, mais aussi de LISZT, de CHOPIN et de DELACROIX. Car la région Centre n'est pas seulement riche de monuments, d'innombrables artistes y ont laissé leurs empreintes, y ont trouvé leur inspiration : d'Anatole FRANCE à Paul CLAUDEL, de Marcel PROUST à GIRAUDOUX, de BALZAC à BERNANOS.

Tous ces établissements humains s'inscrivent dans quatre grandes zones constituant des ensembles architecturaux homogènes que sont la Beauce, la Sologne, le Berry et la Touraine.

- l'habitat de la Beauce : groupements de constructions très compactes inscrits dans un paysage ouvert de plaine, organisation du bâti autour de cour close, volumétrie basse et allongée avec couvertures à deux versants symétriques, maçonnerie enduite.
- l'habitat de la Sologne : groupements de constructions inscrits dans un paysage fermé de forêts ou de clairières de défrichement, volumétrie basse et allongée avec couverture à deux versants symétriques, maçonnerie de briques et de pans de bois.
- l'habitat du Berry : groupements de constructions inscrits dans un paysage ouvert de plaines vallonnées, volumétrie basse et trapue avec couverture à deux versants symétriques, maçonnerie enduite.
- l'habitat de la Touraine : groupements de constructions dispersées inscrits dans les vallées et sur les plateaux, volumétrie basse et allongée avec couverture à deux versants symétriques, maçonnerie de pierres calcaires tendres (tuffeau).

Entre ces entités existent des zones de transition correspondant au val de Loire, au Perche, à la Gâtine Tourangelle, à la Brenne, au bocage Berrichon, au Pays Fort, à la Puisaye et au Gâtinais qui présentent des architectures aux vocabulaires plus variés et moins typés.

Ces architectures sont réparties sur l'ensemble du territoire de la région et peuvent être déclinées en quatre catégories d'espaces bâtis : les agglomérations, les villes, les villages et l'habitat dispersé.

- Les **agglomérations** (Orléans, Tours, Chartres, Blois...) sont établies pour l'essentiel de part et d'autre de larges vallées alluviales. Elles comportent des centres villes caractérisés par un riche patrimoine monumental (cathédrales, châteaux...) et un tissu urbain ancien de grande qualité (demeures médiévales, maisons Renaissance, hôtels particuliers...). Les abords des centres anciens sont structurés par un bâti du XIX<sup>ème</sup> siècle tandis que les périphéries sont constituées pour l'essentiel de constructions réalisées à partir des années 50.
- Les **villes** de la région sont implantées dans les vallées alluviales, sur les coteaux et en limite des grands massifs forestiers. Elles constituent un réseau urbain important structuré généralement à partir d'un centre bourg dense qui comporte plusieurs édifices monumentaux (église, châteaux, fortifications...) et un patrimoine bâti d'accompagnement.
- Les **villages** et l'habitat dispersé sont répartis sur les restes du territoire et correspondent à des faibles densités d'habitat. Ils sont caractérisés par un bâti rural traditionnel organisé le plus souvent à partir d'un ancien sanctuaire ou place forte.

Les espaces urbains de la région constituent un réseau dense, bien réparti sur le territoire. La plupart sont inscrits en cohérence avec la diversité naturelle de la région et comportent un patrimoine bâti, qu'il soit monumental ou plus modeste, d'un grand intérêt et qui contribue au développement économique et à l'image de la région Centre.

La répartition par département des immeubles protégés au titre de la loi du 31 décembre 1913 sur les monuments historiques est la suivante :

	<b>CHER</b>	<b>EURE- ET-LOIR</b>	<b>INDRE</b>	<b>INDRE- ET-LOIRE</b>	<b>LOIR- ET-CHER</b>	<b>LOIRET</b>	<b>TOTAL</b>
<b>MHC</b>	97	118	88	150	124	93	670
<b>MHIS</b>	218	196	149	645	234	289	1731
<b>MHC+MHIS</b>	28	18	18	40	14	21	139
<b>TOTAL</b>	343	332	255	835	372	403	2540

MHC = monuments historiques classés

MHIS = immeubles inscrits sur l'inventaire supplémentaire des monuments historiques

MHC+MHIS = immeubles dont la protection est mixte

Au sein de ce très important ensemble, quatre éléments se distinguent pour être inscrits sur la liste du patrimoine mondial de l'UNESCO : la cathédrale Notre-Dame de Chartres, la cathédrale Saint-Étienne de Bourges, le château de Chambord et la Vallée de la Loire.

Ce patrimoine artistique et culturel est extrêmement riche mais il est aussi extrêmement fragile et donc particulièrement vulnérable aux caprices de l'atmosphère.

Les pierres utilisées pour la construction et la restauration de ces monuments sont principalement des calcaires dont on connaît la réactivité aux agents atmosphériques : calcaires du Jurassique (Berry et Nivernais), calcaires lacustres du Bassin parisien (Chartres, Orléanais,...), mais aussi et surtout craies et calcaires du Crétacé plus connus sous le nom local de "tuffeau" et utilisés dans toute la moitié Ouest de la région.

Le verre dont sont faits les vitraux n'est pas moins fragile, loin s'en faut. La région Centre est un véritable conservatoire des vitraux anciens, dont les plus célèbres ornent les cathédrales de Chartres, de Bourges et de Tours. Plus d'un millier de fenêtres (145 pour la seule cathédrale de Chartres...) sont pourvues de vitraux antérieurs au XIXème siècle, réparties dans 200 édifices.

Les espaces bâtis les plus prestigieux ou les plus caractéristiques sont protégés au titre de la loi sur les monuments historiques (loi du 31 décembre 1913), des secteurs sauvegardés (article L 313-1 à L 313-3 du Code de l'Urbanisme) ou des ZPPAUP (loi du 7 janvier 1983). La loi de 1913 protège le monument et ses abords qu'ils soient bâtis ou naturels. Les secteurs sauvegardés affectent les ensembles urbains très homogènes tels que le centre ville de Tours, de Blois, de Bourges.... Les ZPPAUP s'appliquent à des entités bâties ou paysagères de différentes échelles telles que la rivière Loiret, les villes de Chinon, Issoudun... Ces différentes protections garantissent la pérennité de ce patrimoine en éditant des règles nécessaires à sa bonne conservation.

#### **A.11.2 - Les espaces verts et de loisirs**

Compléments naturels de l'art de vivre en ville, les terrains de sports, parcours de golf, aires de jeux, piscines, réalisés par la plupart des villes, grandes ou petites, contribuent à la qualité de la vie et viennent ainsi s'ajouter à toutes les formes de loisirs naturels dont la région est si riche : chasse et pêche, promenade et équitation, nautisme... (annexes 4.B10 et 4.B11)

## **B/ LES ORGANISMES QUI CONTRIBUENT A LA CONNAISSANCE DE LA QUALITE DE L'AIR ET DE SES EFFETS**

### **B.1 - La surveillance de la qualité de l'air**

Conformément à l'article L221-1 du Code de l'environnement, l'Etat assure, avec le concours des collectivités territoriales, la surveillance de la qualité de l'air et de ses effets sur la santé et sur l'environnement.

#### **B.1.1 - Le Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement**

Le Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement est, en premier lieu, chargé de la définition et de la mise en œuvre de la politique nationale de prévention et de surveillance de la qualité de l'air ambiant.

Il contribue à l'élaboration, puis à l'application des politiques internationales et aux travaux de normalisation dans le domaine de la qualité de l'air, notamment dans le cadre des directives de l'Union Européenne et des conventions de la Commission Economique pour l'Europe des Nations Unies à Genève.

Ce ministère assure l'animation et la coordination du dispositif français de surveillance de la qualité de l'air comprenant notamment les associations de surveillance de la qualité de l'air et le Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air.

#### **B.1.2 - L'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME)**

L'ADEME est chargé de la coordination technique de la surveillance de la qualité de l'air en France : cette mission lui est confiée par le Code de l'environnement (art. L221-1). Elle apporte son soutien au développement des réseaux de mesure.

Elle contribue aux actions de recherche et de développement dans le domaine de la pollution atmosphérique. Elle est chargée du développement et de la gestion de la banque de données nationale sur la qualité de l'air (BDQA). Cette base de données est conçue pour recueillir l'ensemble des données de la qualité de l'air collectées sur le territoire national.

L'ADEME assurait jusqu'en 1998 le recouvrement et la gestion de la taxe parafiscale sur la pollution atmosphérique. Dans ce cadre, elle instruit les dossiers de prévention des pollutions et soutient les opérations de développement et d'équipement en vue de réduire les émissions de polluants.

L'ADEME conduit des actions particulières sur les nuisances émises par les transports, notamment en ville. En liaison avec l'OEST, l'INRETS, l'Observatoire de l'Énergie et l'IFEN, elle a pour objectif l'acquisition de compétences supplémentaires par la conduite d'actions de suivi, d'analyse et de mise en place d'indicateurs liés aux déplacements des biens et des personnes.

L'ADEME assiste étroitement les ministères chargés de l'environnement et de l'industrie dans l'élaboration des mesures de lutte contre les nuisances de l'effet de serre, notamment dans le domaine des transports et anime des programmes de recherche concernant l'impact de la pollution de l'air sur les écosystèmes (programme PRIMEQUAL).

### **B.1.3 - Le Laboratoire central de surveillance de la qualité de l'air (LCSQA)**

Afin d'apporter une assistance technique aux associations de surveillance de la qualité de l'air, notamment dans le domaine de la métrologie, le ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement a mis en place, en 1991, le Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air (LCSQA).

Cette structure, qui regroupe les compétences du Laboratoire National d'Essais (LNE), de l'Ecole des Mines de Douai et de l'institut National de l'Environnement et des Risques (INERIS), a pour objectif premier l'amélioration de la qualité des mesures : mise en place d'une chaîne de calibrage nationale, définition des règles de prélèvements et d'analyses, évaluation des préleveurs et analyseurs de gaz et de poussières et de différents systèmes d'étalonnage des analyseurs. Il est également chargé de travaux généraux relatifs à la stratégie de surveillance et à la gestion des équipements, de tests de modèles de suivi de la pollution atmosphérique.

### **B.1.4 - Les associations agréées de surveillance de la qualité de l'air**

Localement, la surveillance de la qualité de l'air est confiée à des organismes associant les partenaires locaux impliqués dans la gestion de la qualité de l'air : représentants de l'Etat et de l'ADEME, des collectivités territoriales, des différentes activités contribuant aux émissions de polluants, des associations de protection de l'environnement et de consommateurs et des personnalités qualifiées. Ces organismes, généralement constitués sous forme d'associations loi 1901, sont agréés par le ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement.

Il existait au 1<sup>er</sup> janvier 1999, 36 associations agréées dont **LIG'AIR** pour la région Centre.

Cette structure multipartite se retrouve également dans leur financement qui est assuré conjointement par les trois partenaires essentiels : collectivités territoriales, industriels et Etat. Depuis 1996, des crédits complémentaires ont été dégagés (200 millions de francs par an). Ces crédits ont notamment permis d'étendre la surveillance de la qualité de l'air aux agglomérations de plus de 100 000 habitants et de développer la surveillance sur les agglomérations déjà couvertes.

Ces associations constituent des lieux de concertation, d'études et des sources d'informations essentielles à la connaissance des mécanismes locaux de pollution atmosphérique. Les travaux qu'elles réalisent permettent notamment :

- d'observer les évolutions du niveau de la qualité de l'air ambiant et de s'assurer du respect des dispositions réglementaires en la matière,
- d'informer régulièrement la population sur la qualité de l'air qu'elle respire,
- de mettre en œuvre, en fonction des conditions météorologiques prévisibles et des niveaux de pollution observés, les procédures de réduction temporaire des émissions,
- de mettre en œuvre, en fonction des niveaux de pollution observés, les procédures d'information de la population en cas de pics de pollution.
- de définir, puis de mettre en œuvre de manière concertée au niveau local, une politique globale de prévention de la pollution atmosphérique.

## **B.1.5 - Les services de l'Etat**

### **B.1.5.1 - Le rôle des DRIRE**

#### *1.5.1.1 - Généralités*

Les Directions Régionales de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement (DRIRE) sont des services régionaux déconcentrés du secrétariat d'État à l'Industrie. Pour le compte des ministères chargés de l'Industrie, de l'Environnement, du Travail, de la Recherche et des Transports et sous l'autorité du Préfet de région et des Préfets de département, elles exercent des missions d'animation économique et de contrôle technique qui ont pour finalité commune le développement d'une industrie performante, propre et sûre.

#### *1.5.1.2 - Les DRIRE et l'environnement*

Dans le domaine de l'environnement et dans le cadre des législations et réglementations afférentes, les DRIRE sont chargées localement d'élaborer les règles que doivent respecter les industriels pour prévenir et limiter les effets des nuisances qu'ils pourraient occasionner (pollution de l'air, de l'eau et des sols ; incendie et explosion ; élimination des déchets). Elles vérifient la bonne application sur le terrain de ces règles. Elles peuvent dresser des procès-verbaux ou proposer au Préfet de département de prendre des sanctions administratives pouvant aller jusqu'à la suspension de l'activité en cas de non-respect par l'industriel de ces règles.

#### *1.5.1.3 - Les DRIRE et l'air*

Dans le domaine de l'air plus précisément, les DRIRE assurent deux missions principales :

- le contrôle des rejets industriels : elles proposent entre autres au Préfet de département les valeurs maximales des concentrations et de flux d'une quinzaine de polluants atmosphériques rejetés par les industriels. Elles demandent aux gros émetteurs de polluants atmosphériques (usines d'incinération, installations de combustion) de mettre en place une surveillance en continu de leurs rejets. Elles vérifient au travers de cette auto surveillance ou de contrôles annuels que les rejets ne dépassent pas les valeurs maximales précitées.
- la surveillance de la qualité de l'air : la pollution atmosphérique étant pour partie d'origine industrielle, les DRIRE ont contribué fortement à la mise en place et au développement des associations de surveillance de la qualité de l'air, qui mesurent en continu les principaux polluants atmosphériques nocifs urbains et industriels dans les grandes agglomérations et près des gros sites industriels. Bien que la pollution atmosphérique d'origine industrielle ait fortement diminué au cours de ces 20 dernières années, les DRIRE continuent à jouer un rôle moteur dans ces associations et assurent notamment le relais des directives et subventions du ministère chargé de l'Environnement destinées à ces associations.

### **B.1.5.2 - Le rôle des DDASS et de la DRASS**

Les Directions Régionales et Départementales des Affaires Sanitaires et Sociales constituent les services déconcentrés du ministère chargé de la santé. Sous l'autorité des Préfets de région et de département, les DRASS et les DDASS assurent des missions, dans le domaine sanitaire, social et

médico-social, visant à surveiller, protéger et promouvoir la santé physique, mentale et sociale des populations.

Ces services, par l'intermédiaire des services Santé Environnement, sont chargés notamment, dans le cadre de leurs missions d'inspection-contrôle, de la protection sanitaire de l'environnement et du contrôle des règles d'hygiène (décret n° 94-1046 du 6 décembre 1994 relatif aux missions et attributions des directions régionales et départementales des affaires sanitaires et sociales).

La qualité de l'air, extérieur et intérieur, est l'un des thèmes d'intervention du ministère chargé de la santé, comme rappelé dans les circulaires des 20 et 23 octobre 1995 relatives au cadre national de référence des missions des DDASS et DRASS dans le domaine "santé-environnement". Les principaux objectifs concernent :

- l'amélioration de la connaissance de l'exposition globale de la population aux polluants de l'air et de leurs effets sur la santé,
- la prise en compte de la problématique de l'air dans la politique d'aménagement du territoire et de la ville,
- l'identification des groupes à risque,
- la participation aux gestions de crise,
- l'information et la sensibilisation de la population aux risques sanitaires liés à la pollution de l'air.

#### B.1.5.3 - Le rôle de la DRAF

Le **Service Régional de la Protection des Végétaux** (SRPV, service interne de la DRAF) anime depuis 1991 un groupe régional pour l'Etude des Eaux et des Sols par les Produits Phytosanitaires en région Centre (G.R.E.P.P.E.S.). Avec la Fédération Régionale de Défense contre les Ennemis des Cultures (FREDEC) Centre ils ont, depuis fin 1997, mis en place le réseau de suivi de la contamination des eaux de pluie par les produits phytosanitaires.

Les lieux choisis sont situés au Nord de la région : Vendôme, Chartres et Montargis. Les principales familles chimiques utilisées en agriculture sont recherchées.

Les dates de prélèvements sont ajustées sur les dates d'apport.

Exemples pour 1998 :

- Janvier : un prélèvement, recherche de deux familles (hormones, urées substituées)
- Avril-mai : cinq prélèvements, recherche de deux familles (triazines, triazoles)
- Juin : deux prélèvements, recherche de deux familles (pyréthrinoides, triazines)
- Septembre : un prélèvement, recherche de deux familles (herbicides sur colza)
- Octobre/Novembre : trois prélèvements, recherche de deux familles (isoproturon, diflufenicanil).

Dans la mesure du possible, des analyses d'air seront couplées aux prélèvements d'eau de pluie sur les deux sites de Vendôme et Chartres. Les principales familles chimiques, utilisées lors des différents apports d'herbicides, fongicides et insecticides, seront recherchées. Le SRPV et la FREDEC Centre projettent de suivre la teneur en produits phytosanitaires de l'air en zone rurale sur un ou deux sites en région Centre (parmi les sites du réseau eaux de pluie). Ceci se ferait en collaboration étroite avec LIG'AIR et un laboratoire d'analyses. Le SRPV et la FREDEC Centre assureraient la coordination et le suivi de l'action. LIG'AIR effectuerait les prélèvements. Le laboratoire d'analyses mettrait au point des méthodes d'analyse.

**L'Office National des Forêts (ONF)** a créé en 1992 le REseau National de suivi à long terme des ECOsystèmes FORestiers (RENECOFOR) qui est, parmi les trois réseaux de surveillance sanitaire des forêts existant en France, celui qui collecte le plus d'observations. Il constitue la partie française d'un dispositif européen installé dans 34 pays.

La coordination du réseau à l'échelon national est réalisée par une équipe basée à Fontainebleau.

RENECOFOR est cofinancé par l'Union Européenne, l'ONF, le ministère chargé de l'Agriculture, le ministère chargé de l'environnement et l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME).

Son objectif principal est de détecter d'éventuels changements à long terme dans le fonctionnement des écosystèmes forestiers et de déterminer les causes de ces changements. Pour ce faire, le réseau est constitué de 102 placettes (6 en région Centre) de 2 hectares qui seront suivies au moins trente ans.

Afin de prendre en compte l'apport d'éléments (nutritifs, fertilisants ou acidifiants) par les eaux de pluie et les poussières susceptibles de modifier le fonctionnement des écosystèmes forestiers, le sous-réseau CATAENAT (Charge Acide Totale sur les Ecosystèmes Naturels Terrestres) de 27 placettes (dont une en région Centre) a été mis en place depuis 1993.

Il mesure les dépôts atmosphériques en plein champ et en forêt pour estimer les flux des principaux éléments (azote, soufre, chlorures, calcium, magnésium, potassium, sodium, protons, fer, aluminium et manganèse) apportés annuellement par les dépôts secs (aérosols), humides (pluie, neige) et occultes (brouillard, givre, ...).

#### B.1.5.4 - Le rôle des DDE et de la DRE

Les DDE et DRE sont des services déconcentrés départementaux et régionaux du Ministère de l'équipement, des transports et du logement (METL) placés sous l'autorité des Préfets de départements et de région. En outre les DDE peuvent être mises à disposition du Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (MATE), notamment dans le domaine de l'environnement. Les DRE ont pour mission de favoriser, par des études, une approche d'ensemble des politiques de transports, d'aménagement et de développement durable.

Les directions d'administration centrale du METL et ses services déconcentrés participent à la lutte contre la pollution atmosphérique dans plusieurs domaines.

Dans le domaine des transports :

- gestion du trafic routier en situation normale (recherche d'un trafic fluide par la synchronisation des feux et l'organisation des dessertes routières et d'itinéraires de dégagement) et en cas de pics de pollution (établissement des plans de circulation d'urgence) ;
- développement des transports collectifs (subventionnement des projets d'investissement des collectivités) et qualité des déplacements urbains (dégagement des trafics de transit hors des villes) et élaboration des plans de déplacements urbains - PDU ;
- promotion d'une politique multimodale des transports du fret (fer, route, air, voie d'eau), maintien de dessertes en ville par les modes fluviaux et ferroviaires et aide publique au développement du transport combiné ;
- conception de nouvelles infrastructures routières interurbaines intégrant dans l'étude d'impact la dimension environnementale et notamment la pollution atmosphérique ;
- recherche de technologies nouvelles : participation au programme de recherche et de développement pour l'innovation et la technologie dans les transports terrestres (PREDIT),

notamment sur la connaissance des phénomènes de pollution à l'échelle locale, les véhicules utilisant des énergies peu polluantes et le recours à des modes de transports alternatifs ;

- dotation de moyens significatifs aux organismes capables d'aider les collectivités locales et de les conseiller en matière d'environnement et d'économie d'énergie, particulièrement le CERTU et la direction transports de l'ADEME ;
- participation à la définition des politiques nationales de transport en matière de fiscalité et de tarification.

Dans le domaine de l'urbanisme et de la gestion urbaine :

- amélioration de la coordination de l'urbanisation et des transports ;
- meilleure prise en compte de l'urbanisme commercial et de ses spécificités ;
- partage de la voirie en fonction des différents modes de déplacement ;
- protection de zones sensibles.

Dans le domaine de la construction et de la réhabilitation des bâtiments :

- conception de bâtiments neufs sobres en énergie et de travaux de second œuvre minimisant les problèmes de pollution (ventilation, moquette, ... ) ;
- aide aux travaux d'économie d'énergie (isolation) dans le patrimoine bâti ;
- prévention de la dégradation du patrimoine bâti (maçonnerie notamment).

Et transversalement :

- diminution des risques ponctuels et provisoires lors des chantiers de BTP ;
- amélioration de la qualité des prévisions des pointes de pollution par Météo France.

#### B.1.5.5 - Le rôle des Centres Départementaux de la Météorologie et du Service Interrégional

Météo-France, établissement public administratif placé sous la tutelle du ministre chargé des transports est implanté dans chaque département. Les Centres Départementaux de la Météorologie (CDM) sont regroupés en 7 directions interrégionales en métropole.

Les départements de la Région Centre, forment, avec ceux de l'Ile de France, la **Direction Interrégionale Ile de France, Centre (DIRIC)**, basée à Paris.

La mission première de Météo-France, dans le cadre du service public, consiste à surveiller le comportement de l'atmosphère, du manteau neigeux et de l'océan superficiel et à assurer ainsi la sécurité des personnes et des biens.

Dans le domaine de la pollution atmosphérique, l'établissement joue un rôle important (participation au Conseil National de l'Air, mis en place par la LAURE ) grâce à :

- Une connaissance des phénomènes météorologiques à différentes échelles d'espace et de temps,
- Une expérience en matière de mesures météorologiques et en gestion de données,
- Une organisation opérationnelle et déconcentrée : le personnel et les équipements de Météo-France sont organisés de manière à ce que le système d'observation et de prévision fonctionne 24 h/24 et 365 jours / 365,
- Des responsabilités internationales dans le suivi de la pollution à grande échelle : Météo-France est chargé pour le compte de l'Agence Internationale de l'Energie Atomique à Vienne (AIEA) de prévoir le déplacement et la diffusion dans l'atmosphère d'éléments radioactifs pour la région Europe,

- Des acquis en modélisation chimique : exemple du modèle MESO-NH dans le cadre du programme PRIMEQUAL ( Programme de Recherche Interorganisme pour une MEilleure Qualité de l'Air à l'échelle Locale),
- Des compétences en modélisation statistique,
- Des outils adaptés à la mesure et à l'étude de la pollution atmosphérique,
- Une expérience en matière de mesure de la composition chimique de l'atmosphère.

Au niveau régional, le CDM est l'interlocuteur privilégié des AASQA comme LIG'AIR, notamment pour chaque grande ville de la Région. Pour cela :

- Il lui communique régulièrement les données d'observation issues de son réseau au sol (réseau principal et futur réseau RADOME) et des stations de radiosondage,
- Il transmet quotidiennement à LIG'AIR des bulletins de prévision météorologique pour l'estimation des risques de pollution liés aux procédures d'information des populations et de réduction temporaires des émissions,
- En cas de dépassement des seuils d'alerte, il fournit à LIG'AIR et au Services de la Préfecture (SIDPC) des informations sur les paramètres météorologiques en temps réel ainsi que des bulletins de prévision plus détaillés,

Il peut mettre en place une consultation personnalisée d'un prévisionniste.

En dehors des heures d'ouverture, pour les Centres Départementaux fermés la nuit, le Centre Interrégional de Paris (DIRIC) assure la continuité du service grâce à un service de prévision plus étoffé et en horaire permanent.

#### **B.1.6 - Les collectivités locales**

Le rôle des collectivités territoriales, et plus particulièrement des communes et de leurs regroupements, peut se décliner en quatre volets :

- l'action réglementaire ;
- l'aménagement urbain et la gestion des déplacements ;
- la gestion des équipements et du patrimoine ;
- la contribution à la mesure de la qualité et la sensibilisation du public.

##### **B.1.6.1 - L'action réglementaire**

Le Code de l'environnement confère à l'État un rôle majeur en matière de qualité de l'air. Les collectivités territoriales contribuent toutefois à la mise en application de certaines dispositions de cette loi. Elles ont également à assurer les compétences fixées par des dispositions législatives d'autre origine : autorité de police, le Maire doit assurer, conformément à l'article L 2212-2 du Code Général des collectivités territoriales, la salubrité publique et doit à ce titre "prévenir par des précautions convenables et faire cesser, par la distribution des secours nécessaires, ... les pollutions de toute nature".

Outre ce pouvoir de police générale, les inspecteurs de salubrité des Services Communaux d'Hygiène et de Santé qui existent dans les grandes villes sont chargés, en application du Code de la Santé Publique, du contrôle administratif et technique des règles d'hygiène et notamment celles relatives à la lutte contre la pollution atmosphérique d'origine domestique.

Le contrôle du secteur industriel relève principalement de la compétence du Préfet au titre de la législation des installations classées. Le conseil municipal est toutefois consulté avant autorisation et la commune joue aussi un rôle de relais entre les administrés et le Préfet (affichage, plaintes pour nuisances...).

#### B.1.6.2 - L'aménagement urbain et les déplacements

Les options retenues sur l'aménagement urbain sont porteuses d'incidences indirectes sur la qualité de l'air, via les espaces verts, la préservation des espaces naturels, les déplacements induits, les activités économiques accueillies, les consommations énergétiques des bâtiments...

Les documents d'urbanisme à l'échelle des agglomérations (schéma directeur), des communes (P.O.S.) et de secteurs particuliers (ZAC) doivent donc prendre en compte l'environnement.

La gestion des déplacements s'organise par la mise en place de plans de déplacements urbains, rendus obligatoires par le Code de l'environnement pour les agglomérations de plus de 100 000 habitants. L'organisation des flux et du stationnement des véhicules particuliers, le développement des transports en commun et la réalisation d'aménagement favorisant le vélo et la marche à pied sont autant d'outils de réduction de la pollution de l'air. Ces objectifs seront intégrés dans le plan de déplacement urbain de l'agglomération en cours d'élaboration, les collectivités vont ainsi contribuer à la mise en œuvre des mesures prises par le Préfet en cas de pics de pollution.

#### B.1.6.3 - La gestion du patrimoine et des équipements

Les missions de service public des collectivités territoriales, assurées par elles-mêmes ou déléguées à des prestataires privés, les amènent à concevoir, construire, gérer et/ou utiliser les équipements porteurs d'impacts sur la qualité de l'air :

- installations industrielles, telles les usines d'incinération et les chaufferies collectives ;
- parcs de véhicules et bâtiments communaux : la maîtrise des consommations énergétiques, l'entretien courant des véhicules et chaufferies, le choix de technologies propres ou faisant appel aux énergies renouvelables sont autant de facteurs de réduction des émissions atmosphériques du patrimoine des collectivités.

#### B.1.6.4 - La mesure, l'information et la sensibilisation

Les collectivités territoriales constituent l'une des composantes actives des associations de gestion des réseaux de mesure de la qualité de l'air.

Elles peuvent relayer l'information produite par ces associations et celle dispensée par le Préfet en cas de pics de pollution. Enfin, elles peuvent réaliser des actions de communication et de sensibilisation des usagers sur la qualité de l'air, la participation à la "journée en ville sans ma voiture", ou à la semaine de l'environnement,...

En conclusion, si la compétence réglementaire des collectivités territoriales apparaît limitée et si leurs interventions ont souvent une incidence indirecte, elles constituent, à travers le panorama d'ailleurs non exhaustif qui vient d'être dressé, une catégorie d'acteurs déterminants en matière de qualité de l'air.

### B.1.7 - La surveillance des pollens

L'Association Française d'Etudes des Ambrosiois (AFEDA) est une association sous statut loi 1901 créée en 1983 qui a pour but de :

- développer la connaissance scientifique des ambrosiois pour limiter leur extension en France et en Europe;
- soulager les malades (voir les animaux) qui souffrent des troubles provoqués par la pollution atmosphérique qu'elle engendre.

Adhérent à cette association des particuliers qui ont développé des allergies au pollen de cette plante, des scientifiques, mais également des collectivités territoriales, des associations médicales de formation continue et des associations ayant pour objectif une amélioration de la qualité de l'environnement.

Le Réseau National de Surveillance des Aérobiocontaminants (RNSA (<http://www.rnsa.asso.fr>)) a pour objet principal l'étude du contenu de l'air en particules biologiques pouvant avoir une incidence sur le risque allergique pour la population, c'est-à-dire l'étude du contenu de l'air en pollens et en moisissures ainsi que du recueil des données cliniques associées.

Le R.N.S.A. fonctionne grâce à un conseil d'administration composé de cliniciens, d'analystes et de membres fonctionnels et d'un conseil scientifique composé de membres nommés par la Direction Générale de la Santé (D.G.S.), l'Institut National de Veille Sanitaire (I.N.V.S.), le Comité Supérieur d'Hygiène Publique de France (C.S.H.P.F.), ainsi que des spécialistes en allergologie, en palynologie et en analyses biologiques.

Il existe une seule antenne en région Centre basée à Tours.

### B.1.8 - La recherche

Le Laboratoire de combustion et systèmes réactifs (LCSR) du CNRS a pour vocation d'effectuer des recherches de base dans le domaine de la combustion et d'autres systèmes réactifs (atmosphère, dépôts chimiques), en particulier sous leur aspect chimique. La combustion est à entendre ici au sens large et inclut des phénomènes tels que pyrolyse, gazéification, feu et incendie, explosion détonation, ainsi que le couplage entre la combustion proprement dite et la turbulence. Deux axes principaux sont traités. Il s'agit d'une part de mieux connaître les phénomènes pour obtenir soit une optimisation du rendement des combustions dans les diverses applications où elle est en mise en œuvre (moteurs automobiles, aéronautiques, fusées, brûleurs...), soit une limitation des risques (feux, explosions). Le second axe est lié aux préoccupations de plus en plus grandes vis-à-vis de la pollution. De nombreux travaux cherchent en conséquence à étudier les mécanismes de la pollution engendrée par la combustion ou d'autres réactions intervenant dans la pollution atmosphérique. En particulier, l'impact des nouveaux combustibles sur la qualité de l'air est actuellement étudié. Les travaux ont porté notamment sur la nature des émissions polluantes (COV) des additifs oxygénés pour carburants automobiles (éthers et esters), et le devenir de ces polluants dans l'atmosphère".

### B.1.9 - La radioactivité

A noter que l'article L.227-1 exclue du champ d'action des PRQA notamment les pollutions liées aux substances radioactives. L'impact des centrales nucléaires de la région n'est donc pas étudiée dans le présent document.
---

Créé par décret n° 94-604 du 19 juillet 1994, l'Office de protection contre les rayonnements ionisants (OPRI) exerce des missions d'expertise, de surveillance et de contrôle propres à assurer la protection de la population contre les rayonnements ionisants. Ainsi dans l'environnement, des contrôles systématiques sont réalisés dans l'air et les eaux de toutes formes (eaux de pluie, de mer, fluviales, souterraines, eaux usées). La chaîne alimentaire fait également l'objet d'une surveillance en collaboration avec les DDASS, l'ONIC (Office national des industries céréalières) ou l'IFREMER (Institut français de recherche et d'études en mer). Cet organisme exploite également les réseaux Téléray (160 sondes réparties sur le territoire national donnant les débits de doses horaires, dont 11 en région Centre) et Hydrotéléray (5 stations de mesure en continu de la radioactivité dans les fleuves ou les rivières).

La DRIRE, dans le cadre des action de sa division nucléaire s'assure de la sûreté des installation (respect des procédures, organisation, contrôle des matériels par épreuves...) ainsi que de la protection des personnels travaillant en milieu radioactif (inspection du travail).

## **B.2 - Les effets sur la santé**

### **B.2.1 - Les études menées en région Centre**

#### **B.2.1.1 - Etude épidémiologique de la contamination au plomb des enfants de salariés professionnellement exposés**

Dans le cadre du dépistage du saturnisme infantile, une étude épidémiologique a été entreprise de 1994 à 1996 auprès de 125 enfants dont les parents étaient professionnellement exposés au plomb, dans deux usines du département du Loiret. L'objectif était de rechercher une contamination de ces enfants par l'intermédiaire des particules de plomb déposées sur les vêtements, les cheveux ou la peau des parents.

L'étude conclut à des plombémies significativement plus élevées pour les enfants dont les parents sont exposés professionnellement. Les résultats sont en faveur d'une contamination secondaire des enfants par l'intermédiaire des parents, ce qui a rendu nécessaire le renforcement des mesures d'hygiène individuelle et collective sur les lieux de travail.

#### **B.2.1.2 - Etude de la prévalence de l'asthme chez les enfants scolarisés en sixième dans le département d'Indre-et-Loire**

Cette enquête épidémiologique a pour objectif principal l'étude de la prévalence de l'asthme et/ou des symptômes apparentés chez l'ensemble des élèves scolarisés en classe de sixième dans tous les établissements publics et privés sous contrat d'Indre-et-Loire, soit environ 7500 enfants, durant l'année 1999-2000.

Les objectifs sont aussi d'étudier l'influence éventuelle de la pollution atmosphérique sur cette prévalence, de favoriser le dépistage de l'asthme en milieu scolaire et de sensibiliser les différents intervenants.

La durée de l'étude est prévue de septembre 1999 à juin 2000.

### **B.3 - Les organismes en région Centre disposant de compétences et/ou d'informations relatives aux effets de la pollution atmosphérique sur la santé**

Il n'existe pas actuellement de dispositif spécifique de suivi sanitaire et épidémiologique des effets de la pollution atmosphérique fonctionnant en continu en région Centre.

Des structures, d'une part extrahospitalières, d'autre part hospitalières, effectuent un recueil et un suivi sanitaire non spécifique. Parmi celles-ci, plusieurs organismes ont une action ou des renseignements orientés ou pouvant être utilisés dans le domaine de la pollution atmosphérique. D'autres poursuivent des objectifs concernant accessoirement cette thématique et constituent des partenaires potentiels.

#### **B.3.1 - Structures nationales et internationales**

Le **Ministère chargé de la santé** définit et met en œuvre la politique de gestion des risques sanitaires de la pollution atmosphérique, notamment au travers du **Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France**.

Le **Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France** est une instance consultative à caractère scientifique et technique, placée auprès du ministre chargé de la santé, et compétente dans le domaine de la santé publique. Il est chargé d'émettre des avis ou recommandations et d'exercer des missions d'expertise, en particulier en matière de prévision, d'évaluation et de gestion des risques pour la santé de l'homme. (Article R780-1 du Code de la santé publique)

L'**Organisation Mondiale de la Santé** a pour but d'amener tous les peuples au niveau de santé le plus élevé possible. Elle exerce les fonctions suivantes :

- agir en tant qu'autorité directive et coordonnatrice dans le domaine de la santé, des travaux ayant un caractère international ;
- établir et maintenir une collaboration effective avec les Nations Unies, les institutions spécialisées, les administrations gouvernementales de la santé, les groupes professionnels, ainsi que telles autres organisations qui paraîtront indiquées ;
- aider les gouvernements, sur leur demande, à renforcer leurs services de santé ;
- fournir l'assistance technique appropriée et dans les cas d'urgence, l'aide nécessaire, à la requête des gouvernements ou sur leur acceptation ;
- fournir ou aider à fournir, à la requête des nations Unies, des services sanitaires et des secours à des groupements spéciaux telles que les populations des territoires sous tutelle ;
- établir et entretenir tels services administratifs et techniques jugés nécessaires, y compris des services d'épidémiologie et de statistique ;
- stimuler et faire progresser l'action tendant à la suppression des maladies épidémiques, endémiques et autres ;
- favoriser, en coopérant au besoin avec d'autres institutions spécialisées, l'adoption de mesures propres à prévenir les dommages dus aux accidents ;
- favoriser, en coopérant au besoin avec d'autres institutions spécialisées, l'amélioration de la nutrition, du logement, de l'assainissement, des loisirs, des conditions économiques et de travail, ainsi que de tous les autres facteurs de l'hygiène du milieu ;
- favoriser la coopération entre les groupes scientifiques et professionnels qui contribuent au progrès de la santé ;
- proposer des conventions, accords et règlements, faire des recommandations concernant les questions internationales de santé et exécuter telles tâches pouvant être assignées de ce fait à

- l'organisation et répondant à son but ;
- faire progresser l'action en faveur de la santé et du bien-être de la mère et de l'enfant et favoriser leur aptitude à vivre en harmonie avec un milieu en pleine transformation ;
  - favoriser toutes activités dans le domaine de l'hygiène mentale, notamment celles se rapportant à l'établissement de relations harmonieuses entre les hommes ;
  - stimuler et guider la recherche dans le domaine de la santé ;
  - favoriser l'amélioration des normes de l'enseignement et de celles de la formation du personnel sanitaire, médical et apparenté ;
  - étudier et faire connaître, en coopérant au besoin avec d'autres institutions spécialisées, les techniques administratives et sociales concernant l'hygiène publique et les soins médicaux préventifs et curatifs, y compris les services hospitaliers et la sécurité sociale ;
  - fournir toutes informations, donner tous conseils et toutes assistances dans le domaine de la santé ;
  - aider à former, parmi les peuples, une opinion publique éclairée en ce qui concerne la santé ;
  - établir et réviser, selon les besoins, la nomenclature internationale des maladies, des causes de décès et des méthodes d'hygiène publique ;
  - standardiser, dans la mesure où cela est nécessaire, les méthodes de diagnostic ;
  - développer, établir et encourager l'adoption de normes internationales en ce qui concerne les aliments, les produits biologiques, pharmaceutiques et similaires ;
  - d'une manière générale, prendre toutes mesures nécessaires pour atteindre le but assigné à l'organisation.

**L'Institut de Veille Sanitaire (INVS)** est un établissement public de l'Etat créé afin de renforcer le dispositif de sécurité et de veille sanitaire en France. L'Institut de Veille Sanitaire - qui succède au Réseau National de Santé Publique - est placé sous la tutelle du Ministre chargé de la Santé.

La mission générale de l'INVS est de surveiller, en permanence, l'état de santé de la population et son évolution. Cette mission repose plus spécifiquement sur des activités de surveillance épidémiologique, d'évaluation de risques, et d'observation de la santé. Ces missions s'appliquent à l'ensemble des domaines de la Santé Publique, dont la santé environnementale (risques liés à la pollution de l'air, par exemple).

### **B.3.2 - Structures et systèmes extrahospitaliers avec vocation pour la surveillance épidémiologique**

#### **- Les Directions Régionale et Départementales des Affaires Sanitaires et Sociales (D.R.A.S.S. et D.D.A.S.S.)**

Différents services des Directions Régionale et Départementales des Affaires Sanitaires et Sociales (D.R.A.S.S. et D.D.A.S.S.) disposent de compétences et/ou d'informations pouvant contribuer à une meilleure connaissance de l'exposition globale de la population aux polluants de l'air et de leur effets sur la santé (notamment santé-environnement, inspection régionale de la santé, inspection régionale de la pharmacie, statistiques, politiques hospitalières avec le fichier national des établissements sanitaires et sociaux F.I.N.E.S.S. et le programme de médicalisation des systèmes d'information P.M.S.I.).

#### **- Les réseaux de médecins sentinelles**

Les relations entre les indicateurs d'exposition et de santé sont analysées à l'aide de modèles statistiques complexes. Afin d'obtenir des relations fiables et reproductibles, il est nécessaire de

prendre en compte des facteurs de confusion, comme les épidémies virales de grippe. Il existe d'une part le réseau Sentinelles, d'autre part les groupes régionaux d'observation de la grippe :

● **Le réseau « Sentinelles »**

Le réseau « Sentinelles » est développé depuis 1984 par l'Institut National de la Santé et de la recherche Médicale (I.N.S.E.R.M.) dans le cadre d'une convention associant la Direction Générale de la Santé (D.G.S.) et de l'Institut National de Veille Sanitaire (I.N.V.S.). Ce réseau est un système de surveillance épidémiologique qui concerne différentes maladies infectieuses, dont la grippe. La surveillance est exercée sur l'ensemble du territoire par environ 500 médecins.

● **Le Groupe Régional d'Observation de la Grippe (G.R.O.G.)**

Des réseaux de surveillance de la grippe ont été créés en France en 1984 sous l'égide de l'institut Pasteur : les groupes régionaux d'observation de la grippe. L'objectif de ces réseaux est de participer à la surveillance épidémiologique qui permet la détection précoce et l'identification du type de virus en cause afin de donner l'alerte aux acteurs du système de soins pour prendre les dispositions nécessaires en cas d'épidémies.

Il n'existe pas actuellement de réseau finalisé en région Centre.

- **Le réseau de toxico vigilance**

L'objectif de la toxico vigilance est l'établissement d'une veille permanente en matière de risque toxicologique. Les Centres Anti-Poison (C.A.P.) ont étendu leur champ d'action aux produits et substances d'origine naturelle ou de synthèse présentes dans l'environnement.

Les données susceptibles d'être fournies concernent principalement les cas ponctuels déclarés d'intoxications aiguës dues à des substances pouvant ne pas être en relation avec la pollution atmosphérique. De plus, il n'y a pas de C.A.P. en région Centre. Les plus proches sont à Angers et à Paris.

- **Le Réseau National de Surveillance Aérobiologique (R.N.S.A.)**

Le Réseau National de Surveillance Aérobiologique (R.N.S.A.) est une association loi de 1901, créée en 1996 pour poursuivre les travaux réalisés depuis 1985 par le Laboratoire d'Aérobiologie de l'Institut Pasteur à Paris.

Comme indiqué précédemment, ce réseau a pour objet principal l'étude du contenu de l'air en particules biologiques pouvant avoir une incidence sur le risque allergique pour la population. Grâce à son réseau de capteurs, il recueille des informations concernant l'exposition aux pollens et cela en marge des problèmes de pollution atmosphérique chimique.

De nombreuses études cliniques ont pu mettre en évidence une relation de nature causale entre une exposition à des pollens et des manifestations cliniques. L'étude d'associations entre des niveaux de pollens et des indicateurs d'activité sanitaire pour des troubles reliés à une pollinose constitue une priorité afin d'évaluer véritablement l'impact des pollens sur la santé publique.

Par ailleurs, les relations entre les indicateurs d'exposition et de santé sont analysées à l'aide de modèles statistiques complexes. Afin d'obtenir des relations fiables et reproductibles, il est nécessaire de prendre en compte des facteurs de confusion, comme les épisodes polliniques. Les données du R.N.S.A. présentent donc un grand intérêt.

**- L'I.N.S.E.R.M.**

L'Institut National de la Santé Et de la Recherche Médicale (I.N.S.E.R.M.) est un établissement public de caractère scientifique et technologique. Placé sous la double tutelle du ministère de la recherche et du ministère de la santé, l'I.N.S.E.R.M. est au service de la santé de tous et contribue, par la recherche, à mieux connaître et à améliorer la santé de l'homme.

De la biologie fondamentale à la santé publique, l'I.N.S.E.R.M. a pour champ de compétences toutes les dimensions théoriques ou appliquées en santé publique et doit dynamiser la continuité de la recherche.

Cet organisme recueille et analyse notamment les données de mortalité à partir des certificats de décès. L'évaluation des impacts sanitaires de la pollution urbaine est basée sur la relation entre des indicateurs d'exposition et des indicateurs de santé, comme la mortalité respiratoire et cardiovasculaire. Les données de l'I.N.S.E.R.M. sont donc indispensables pour permettre une quantification.

**- L'Observatoire Régional de la Santé (O.R.S.)**

L'Observatoire Régional de la Santé (O.R.S.) a le statut d'une association régie par la loi de 1901. L'observatoire fournit les informations nécessaires à l'élaboration de la politique sanitaire et sociale et à l'aide à la décision. Les O.R.S. engagent de nombreux travaux, notamment concernant le thème de la pollution atmosphérique.

L'O.R.S. Centre est opérationnel et participe notamment à l'édition de la synthèse périodique « La santé observée », tableau de bord des régions sur la santé.

**- La Cellule Inter-Régionale d'Epidémiologie d'Intervention (C.I.R.E.I.)**

La Cellule Inter-Régionale d'Epidémiologie d'Intervention (C.I.R.E.I.) a pour vocation d'apporter un appui technique aux autorités sanitaires déconcentrées dans les études épidémiologiques. Il dépend pour sa gestion fonctionnelle de la D.R.A.S.S. et pour ses aspects scientifiques de l'Institut National de Veille Sanitaire (I.N.V.S.). Son champ d'activité est très large et les études menées portent sur des domaines très variés, dont celui de la pollution atmosphérique. En région Centre, il est mis en place depuis le 1er octobre 1999.

**- Les services de Protection Maternelle et Infantile (P.M.I.)**

Rattachés aux conseils généraux, les services de Protection Maternelle et Infantile (P.M.I.) recueillent et analysent les certificats de santé obligatoires des nourrissons (8 jours, 9 mois, 24 mois). De plus, ils interviennent dans les écoles maternelles pour réaliser des bilans de santé pour les enfants âgés de 4 à 5 ans. Ils organisent des consultations gratuites pour les enfants âgés de moins de 6 ans.

Leurs activités permettent de recueillir des informations pouvant constituer des indicateurs de l'état de santé des enfants pertinents par rapport à l'exposition à la pollution atmosphérique.

**Réseau National Télématique de surveillance et d'information sur les Maladies Transmissibles (R.N.T.M.T.)**

Créé en 1984, ce réseau est un système de surveillance épidémiologique qui concerne huit maladies infectieuses. La surveillance est exercée sur l'ensemble du territoire par environ 500 médecins. Ce groupe est coordonné par l'Institut National de Veille Sanitaire.

### **B.3.3 - Structures et systèmes extrahospitaliers sans vocation pour la surveillance épidémiologique**

#### **- L'Education Nationale**

Les services de promotion de la santé en faveur des élèves peuvent donner des informations sur la santé des élèves. Le taux d'absentéisme scolaire peut aussi être obtenu par le biais de l'Education Nationale. Ces informations peuvent constituer des indicateurs de l'état de santé des enfants pertinents par rapport à l'exposition à la pollution atmosphérique.

#### **- La Caisse d'Assurance Maladie**

La Caisse d'Assurance Maladie permet d'avoir des éléments associant les remboursements (actes et prescriptions) ainsi que des éléments sur les affections de longue durée. Le Service Informatique de l'Assurance Maladie (S.I.A.M.) dispose d'une base de données, alimentée notamment à partir des pharmacies, pouvant servir à étudier au cours du temps la prescription de chaque spécialité médicamenteuse ou classe pharmaceutique.

Leurs activités permettent de recueillir des informations pouvant constituer des indicateurs de l'état de santé de la population pertinents par rapport à l'exposition à la pollution atmosphérique.

#### **- Les réseaux de distribution des médicaments**

Les grossistes et les dispensaires sont détenteurs d'informations relatives à la consommation médicamenteuse, pouvant constituer des indicateurs de suivi sanitaire de la population par rapport à l'exposition à la pollution atmosphérique.

Il existe trois grossistes-répartiteurs en région Centre, potentiellement en mesure de fournir de telles informations. Les dispensaires, ayant d'autres sources d'approvisionnement, pourraient fournir des informations complémentaires et permettraient de garantir l'exhaustivité du suivi.

#### **- Les services médicaux du travail**

Ils peuvent procurer des informations sanitaires concernant le monde du travail.

#### **- Les organismes de prise en charge des insuffisants respiratoires**

ARAIR, ORKYN et VITALAIRE sont les principaux organismes en région Centre qui assurent des actes de soins aux insuffisants respiratoires sévères. Leur activité permet d'observer la répartition et l'évolution de certaines populations sensibles à la pollution atmosphérique.

L'Association des Insuffisants Respiratoires du Centre (A.I.R.C.), créée en juillet 1992, fait partie des 34 associations d'insuffisants respiratoires composant la fédération française des associations et amicales d'insuffisants respiratoires. Elle compte environ 200 adhérents et a pour objet :

- l'aide aux insuffisants respiratoires et la défense de leurs intérêts,
- la recherche et la diffusion de l'information les concernant,
- la recherche de la reconnaissance de leurs difficultés tant auprès du grand public que des instances compétentes,
- la création d'un lien d'amitié et de solidarité entre ses membres et ceux qui s'en préoccupent.

L'Association Française de Lutte contre la Mucoviscidose (A.F.L.M.) regroupe les personnes atteintes de cette pathologie, d'origine génétique, occasionnant une insuffisance respiratoire importante. Environ 240 personnes font partie actuellement de cette association. La mucoviscidose se caractérise par un mucus trop épais qui ne s'évacue pas normalement et reste accroché dans les

poumons, retenant les impuretés qui s'y fixent. Cela entraîne une obstruction progressive des voies respiratoires. Les microbes y prolifèrent, entraînant infections respiratoires et bronchites chroniques. Par différents symptômes non spécifiques (toux chronique, expectoration constante...), la mucoviscidose peut être confondue avec d'autres pathologies comme l'asthme, la bronchite, la pneumonie.

### **B.3.4 - Structures hospitalières ayant vocation pour la surveillance épidémiologique**

Certains médecins hospitaliers participent à des réseaux de prise en charge d'une pathologie particulière ou à ceux précédemment décrits, mais aucune structure hospitalière de recueil d'informations ayant pour vocation la surveillance épidémiologique ne centralise les données détenues par les médecins hospitaliers.

Dans le département d'Indre-et-Loire a été créé en 1998 le réseau de prévention des maladies respiratoires (R.P.M.R.). C'est un réseau de soins constitué entre des professionnels de santé, des établissements et des institutions publics et privés à caractère sanitaire. Il a pour vocation la promotion, la réalisation et l'évaluation d'actions de prévention et d'éducation en santé, dans le domaine des pathologies respiratoires. Il instaure et développe une démarche de synergie entre les acteurs de santé concernés.

### **B.3.5 - Structures hospitalières sans vocation pour la surveillance épidémiologique**

#### **- Le Département d'Informations Médicales (D.I.M.)**

Depuis la loi du 31 juillet 1991, les établissements de santé, publics et privés, doivent procéder à l'évaluation et à l'analyse de leur activité. Pour les séjours hospitaliers M.C.O. (Médecine-Chirurgie-Obstétrique), cette analyse, effectuée par les départements d'informations médicales (D.I.M.), est fondée sur le recueil systématique et le traitement automatisé d'une information médico-administrative standardisée. Ce Programme de Médicalisation des Systèmes d'Informations (P.M.S.I.), géré à l'échelle régionale par la D.R.A.S.S., est donc un outil de gestion hospitalière.

Même si les objectifs de ce système sont surtout économiques, le P.M.S.I. permet la création d'indicateurs sanitaires utilisés dans les études épidémiologiques. Ces sources d'informations sont indispensables pour la quantification de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique.

Il existe 20 D.I.M. en région Centre et les données sont disponibles depuis 1996 (depuis 1997 pour Chartres).

## **B.4 - Les effets sur le patrimoine bâti**

### **B.4.1 - Le Laboratoire de Recherches des Monuments Historiques**

(<http://www.culture.gouv.fr/culture/conservation/fr/laborato>)

Créé en 1967 par le Ministère des affaires culturelles, le Laboratoire de Recherches des Monuments Historiques (LRMH) vient d'être institué en service à compétence nationale par un arrêté interministériel en date du 4 janvier 2000.

Le LRMH est chargé d'étudier :

- les matériaux constitutifs du patrimoine : pierre, vitrail, métal, peinture, polychromie sur bois et pierre, textile, grottes ornées ;

- les phénomènes d'altération qui compromettent leur conservation : altérations dues au vieillissement naturel, à l'environnement climatique, à la pollution, aux micro-organismes et les traitements à appliquer ;
- les conditions de conservation des monuments et objets traités, ce que l'on appelle la conservation préventive.

Sa mission principale est d'apporter une aide aux maîtres d'œuvre des restaurations (architectes en chef et inspecteurs des monuments historiques, architectes des bâtiments de France, conservateurs des antiquités et objets d'art), aux responsables des monuments et des objets (conservateurs régionaux des monuments historiques), comme aux restaurateurs, afin qu'ils puissent, dans les meilleures conditions :

- établir un bon constat d'état et un diagnostic des altérations observées ;
- proposer les meilleurs remèdes ;
- définir les conditions de conservation les plus appropriées, afin de prévenir de futures altérations ;
- améliorer la connaissance de l'œuvre dans sa composition, ses techniques, son histoire.

La spécificité du LRMH ne tient pas à l'étude des matériaux eux-mêmes, qui peuvent être traités dans d'autres laboratoires, mais à l'étude de techniques particulières liées à «l'épiderme» du monument, à son décor (peintures murales, vitrail, sculpture monumentale, grands retables, etc.), plus qu'à sa structure.

#### **B.4.2 - Le Laboratoire de Cristallographie de l'Université d'Orléans**

Soucieux de prendre en compte les préoccupations des praticiens dans la définition de ses thèmes de recherches, ce laboratoire a mené depuis de nombreuses années des travaux sur le tuffeau, constitutif de très nombreux monuments de la région.

On peut citer en particulier :

- les travaux de D. DESSANDIER en 1995 sur l'étude du milieu poreux et des propriétés de transfert des fluides du tuffeau blanc de Touraine et des conclusions que l'on peut en tirer pour la durabilité des pierres en œuvre,
- les travaux de Barbara BRUNET-IMBAULT en 1999 sur l'étude des patines des pierres calcaires mises en œuvre en région Centre,
- l'inventaire pétrographique des tuffeaux en œuvre dans plusieurs monuments de Touraine (cathédrale de Tours, donjon du Grand-Pressigny, collégiale de Candes-Saint-Martin,...) réalisé par D. BUCKEL et G. MARTINET en 1988-1989,
- l'étude des fractions fines et ultra-fines des tuffeaux mis en œuvre par R. SANKARA en 1989.

## **B.5 - L'Association régionale de surveillance de la qualité de l'air : LIG'AIR**

### **B.5.1 - Structure de l'association**

#### **B.5.1.1 - Historique et missions**

LIG'AIR, prononcez "ligère", du latin signifiant "la Loire", est une association régionale régie par la loi de juillet 1901, créée le 27 novembre 1996 pour assurer la surveillance de la qualité de l'air en région Centre dans le cadre du livre II, titre II du Code de l'environnement.

LIG'AIR est agréée par le Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement. A ce titre elle est membre du réseau national "A<sub>t</sub>mo" constitué des 39 réseaux de surveillance de la qualité de l'air.

Le domaine d'intervention de LIG'AIR, couvre les six départements de la région Centre (Cher, Eure-et-Loir, Indre, Indre-et-Loire, Loir-et-Cher, Loiret). Les missions de LIG'AIR sont :

- La surveillance en continu des polluants urbains nocifs (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, O<sub>3</sub> et les Ps [particules en suspension]) ;
- La mesure de la radioactivité dans l'air ambiant ;
- L'information quotidienne des services de l'Etat, des élus et du public ;
- Suivre l'évolution de la qualité de l'air sur la région Centre ;
- Etudier les comportements des différents polluants sur la région Centre.

Les données collectées sont mises à disposition des décideurs, des médias, des chercheurs, du public et de la Banque de Données de la Qualité de l'Air.

#### **B.5.1.2 - Partenaires et moyens de LIG'AIR au 29 juin 2000**

LIG'AIR regroupe quatre collègues réunissant les différents organismes impliqués dans les problèmes de la pollution de l'air:

- Etat et établissements publics
- Collectivités territoriales ou leur groupement
- Industriels et organismes représentatifs des activités économiques
- Personnalités qualifiées et associations

#### **✓ l'Etat et les établissements publics :**

Direction Régionale de l'Industrie de la Recherche et de l'Environnement (DRIRE)  
 Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME)  
 Direction Régionale de l'Environnement (DIREN)  
 Direction Régionale des Affaires Sanitaires et Sociales (DRASS)  
 Direction Régionale de l'Agriculture et de la Forêt (DRAF)  
 Météo-France

#### **✓ les collectivités territoriales ou leur groupement :**

Communauté des Communes de l'Agglomération Orléanaise

Conseil Régional du Centre  
 Conseil Général de l'Indre-et-Loire  
 Conseil Général du Loiret  
 Conseil Général du Cher  
 Conseil général du Loir et Cher  
 Communauté de commune de l'agglomération chartraine  
 Communauté de commune Castelroussine,  
 Villes de Bourges, Blois, Sully-sur-Loire  
 TOUR(S)PLUS (comité de la structure d'agglomération de Tours)

✓ **les industriels concernés par la qualité de l'air :**

ARCANTE (Blois)	ORISANE (Mainvilliers)
CEA (Monts)	ORVADE (Saran)
Ciments CALCIA (Château-la-Vallière et Beffes)	PAULSTRA (Châteaudun)
COFATECH (St Cyr sur Loire)	QUEBECOR (Blois et La Loupe)
COFIROUTE (Saran)	SANOFI-SYNTHELABO (Montargis)
DALKIA (Joué les Tours et SCBC Tours)	SEMTAO (Saint-Jean-de-Braye)
ELYO CENTRE (Orléans)	SEYFERT Descartes (Descartes)
FG3E (Orléans)	SOBEC (Bourges)
GAZ DE FRANCE (Angoulême)	SOCOS (Orléans)
GIAT Industries (Bourges)	SODC (Orléans)
HUTCHINSON	SOFLEC (Orléans)
KRONOFRANCE	SUCRERIE DE TOURY (Toury)
MALTERIE FRANCO SUISSES (Issoudun)	SUCRERIE D'ARTENAY (Artenay)
MATRA automobile (Theillay et Romorantin)	SUPERTAPE France (Maintenon)
MICHELIN (Joué-lès-Tours et St Douchlard)	SVI (Sucrierie de Pithiviers le Vieil)

✓ **Personnalités qualifiées et les associations :**

Nature Centre  
 Union Fédérale des Consommateurs  
 UDAF (Union Départementale des Associations Familiales)  
 OPRI (Office de Protection contre les Rayonnements Ionisants)  
 Professeur Georges LEBRAS (CNRS)  
 Étienne Carre (Laboratoire de Touraine)  
 Docteur Muriel BOIN (Observatoire Régional de Santé)  
 Docteur Patrick DIOT (Réseau de prévention des maladies respiratoires)

LIG'AIR est financée par l'Etat (via des subventions directes ou la ré affectation de la Taxe Générale sur les Activités Polluantes payée par les industriels en fonction de la quantité de leurs rejets dans l'atmosphère), les collectivités et les industriels.

Au 29 juin 2001, le dispositif de surveillance comprenait 59 analyseurs en fonction répartis en 16 sites de mesure fixes et une station mobile (tels que recensés dans le tableau ci-après et les cartes en annexe 4.H1).

Par ailleurs, le laboratoire mobile a été engagé dans une campagne de mesures sur la région Centre dans le cadre d'un programme réalisé pour le compte du PRQA. Du 22 juin 1998 au 30 décembre

1999, des mesures sont effectuées à raison de deux périodes de 15 jours à Blois, Vendôme, Chartres, Dreux, Pithiviers, Montargis, Etrechy, Vierzon, Châteauroux, Rosnay et Richelieu.

### B.5.2 - Localisation des sites

Agglomération	Station	Type	SO2	NOx	O <sub>3</sub>	CO	Ps	Radioactivité
Orléans	Préfecture	U	X	X	X		X	
	La Source	U	X	X	X		X	X
	Saint Jean de Bray	PU			X			1 BTX
	Gambetta	PR		X		X	X	
Tours	Jardin Botanique	U	X	X	X		X	
	La Ville aux Dames	PU		X	X			
	La Bruyère	U	X	X	X		X	
	Joué-les-Tours	U	X	X	X		X	
	Mirabeau	PR		X		X	X	
Bourges	Gibjongs	U	X	X	X		X	
	Leblanc	U	X	X	X		X	
	Bourges sud	U		X	X			
Châteauroux	Châteauroux sud	U	X	X	X		X	
Chartres	Lucé	U	X	X	X		X	
	Fulbert	U	X	X	X		X	
Chambord	Chambord	R			X			
Station mobile		M	X	X	X	X	X	
<b>Total</b>			<b>11</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>3</b>	<b>13</b>	<b>1+1</b>

Les stations de mesure en région Centre et leurs équipements

U: Urbain de fond, PU: Périurbain, PR: Proximité automobile, R: Rural, M: Mobile

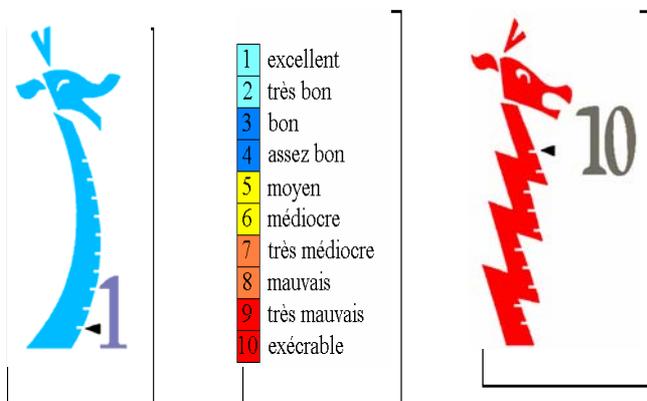
\*: installation prévue été 2000

## C/ EVALUATION DE LA QUALITE DE L’AIR

### C.1 - Indice de qualité de l’air

LIG’AIR est membre du réseau **A<sub>t</sub>mo** et s’engage donc à communiquer chaque jour à l’intention du public un indice qui caractérise la qualité globale de l’air de la journée sur l’agglomération surveillée.

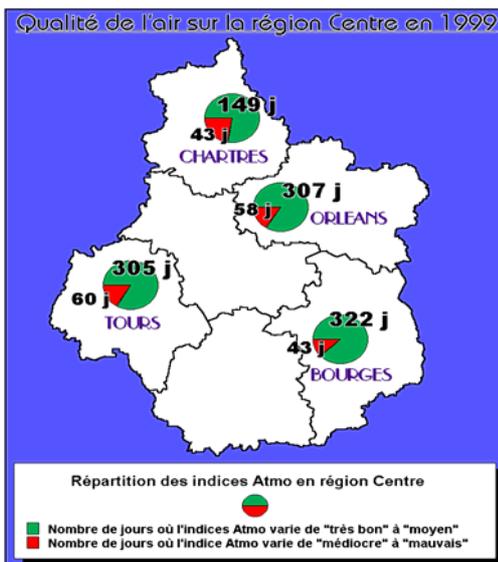
Cet indice est un nombre entier compris entre 1 et 10. Il est calculé pour une journée et pour une zone géographique retenue par le réseau de surveillance de la qualité de l’air. Quatre substances polluantes sont retenues pour le calcul de cet indice (ozone, dioxyde d’azote, dioxyde de soufre et les particules en suspension). A chaque polluant est affecté un sous indice suivant ses concentrations. L’indice **A<sub>t</sub>mo**, appelé aussi indice de la



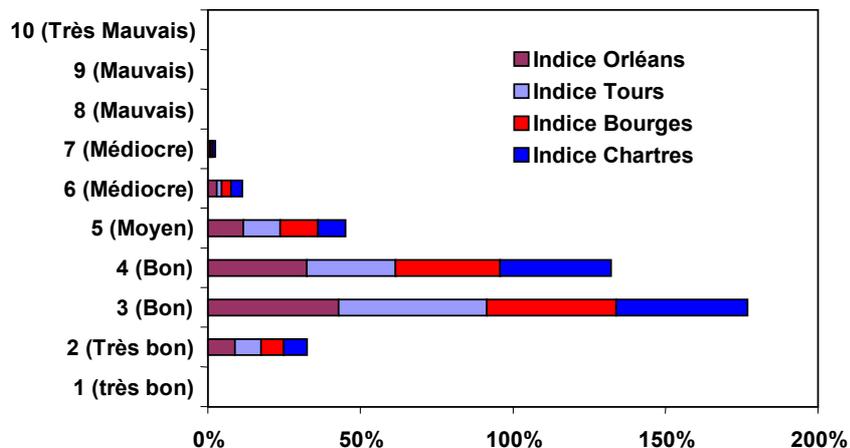
qualité de l’air, est égal au(x) plus grand(s) des quatre sous indices. La qualité de l’air se dégrade lorsque l’indice Atmo augmente.

Durant l’année 1999, la qualité de l’air sur les agglomérations surveillées, a été qualifiée de très bonne à moyenne sur plus de 300 jours soit 82% du temps (voir carte ci-après).

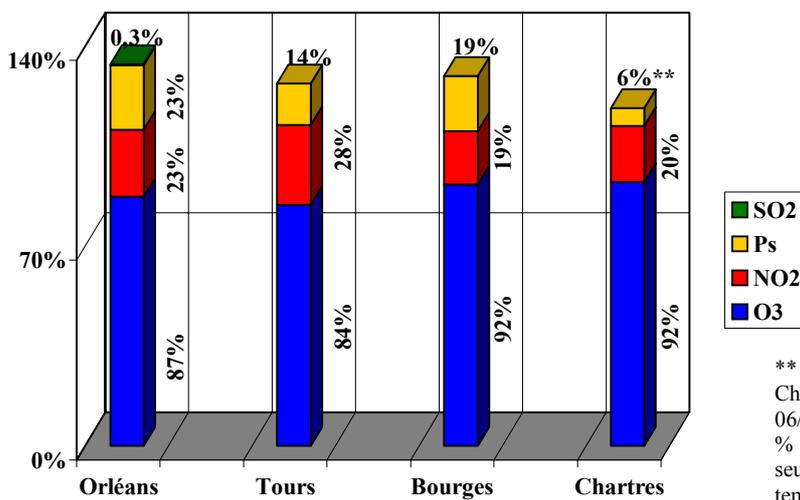
La surveillance de la qualité de l’air sur l’agglomération chartraine, a débuté au mois de juin 1999. Nous ne disposions donc que de 192 jours de mesure pour cette agglomération sur cette année. Par conséquent une comparaison objective entre les résultats obtenus sur cette agglomération et ceux des autres agglomérations de la région Centre, ne peut être réalisée. Les résultats sur Chartres, sont présentés uniquement à titre d’indication.



Les résultats de l’année 2000 permettent de compléter les précédents éléments. Ainsi, les deux indices extrêmes (1 et 10), n’ont jamais été observés sur la région Centre durant l’année 2000. La qualité de l’air la plus dégradée enregistrée cette année, est qualifiée de médiocre (indice 7). Elle a été observée pendant 3 jours sur l’agglomération de Chartres et Orléans, pendant 2 jours sur l’agglomération de Bourges et sur une journée à Tours (voir figure ci-dessous).



La qualité de l’air sur ces agglomérations était largement gouvernée par l’ozone, polluant responsable des situations les plus dégradées.



\*\* L’analyse des Ps sur Chartres a débuté le 06/10/00 : la valeur de 6 % est donc calculée sur seulement 24 % du temps.

**C.2 - Les choix du Plan Régional pour la Qualité de l’Air Centre**

Parmi l’ensemble des polluants cités, seuls les 8 polluants suivants ont été retenus pour des raisons de connaissances disponibles et de leur caractère générique (traceur).

## C.2.1 - Les oxydes d'azote

### C.2.1.1 - Emissions en région Centre

En région Centre, selon l'inventaire 1994 du CITEPA, 61% des émissions régionale sont dues aux transports routier et 27% à l'agriculteur et à la sylviculture. Ceci représente 82 000 à 93 000 tonnes de NOx produites en région Centre, soit 5% des émissions nationales.

### C.2.1.2 - Situation par rapport aux directives et aux recommandations

Durant l'année 2000, les concentrations en dioxyde d'azote sur la région Centre, sont restées faibles devant les valeurs limites et les valeurs guides (voir tableau ci-dessous). Aucun dépassement des directives européennes ou des recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), n'a été observé pour ce polluant.

Polluants		Orléans 2000	Tours 2000	Bourges 2000	Chartres 2000	Directives et recommandations
NO <sub>2</sub>	Moyenne journalière maximale	89 µg/m <sup>3</sup> le 27/01/00 (Préfecture)	84 µg/m <sup>3</sup> le 27/01/00 (Joué-lès-Tours)	55 µg/m <sup>3</sup> le 27/01/00 (Leblanc)	78 µg/m <sup>3</sup> le 27/01/00 (Lucé)	150 µg/m <sup>3</sup> (OMS)
	Moyenne horaire maximale	154 µg/m <sup>3</sup> le 27/01/00 (La Source)	146 µg/m <sup>3</sup> le 27/01/00 (Joué-lès-Tours)	113 µg/m <sup>3</sup> le 06/03/00 (Gibjoncs)	130 µg/m <sup>3</sup> le 27/01/00 (Lucé)	200 µg/m <sup>3</sup> (seuil d'information)
	Percentile 50	24,3 µg/m <sup>3</sup> (Préfecture)	20 µg/m <sup>3</sup> (J. Botanique)	16 µg/m <sup>3</sup> (Gibjoncs)	17 µg/m <sup>3</sup> (Lucé)	50 µg/m <sup>3</sup> (valeur guide)
	Percentile 98	75 µg/m <sup>3</sup> (Préfecture)	73 µg/m <sup>3</sup> (J. Botanique)	61 µg/m <sup>3</sup> (Bourges Sud)	<b>68 µg/m<sup>3</sup></b> (Lucé)	200 µg/m <sup>3</sup> (valeur limite)
NO	Moyenne Journalière maximale	<b>117 µg/m<sup>3</sup></b> <b>le 27/01/00</b> <b>(Préfecture)</b>	<b>151 µg/m<sup>3</sup></b> <b>le 27/01/00</b> <b>(J. Botanique)</b>	<b>56 µg/m<sup>3</sup></b> <b>(Bourges Sud)</b>	<b>130 µg/m<sup>3</sup></b> <b>le 27/01/00</b> <b>(Fulbert)</b>	*
	Moyenne horaire maximale	413 µg/m <sup>3</sup> le 27/01/00 (Préfecture)	534 µg/m <sup>3</sup> le 28/01/00 (J. Botanique)	196 µg/m <sup>3</sup> le 02/02/00 (Gibjoncs)	335 µg/m <sup>3</sup> le 27/01/00 (Fulbert)	*
	Percentile 50	1,8 µg/m <sup>3</sup> (Préfecture)	4 µg/m <sup>3</sup> (J. Botanique)	6 µg/m <sup>3</sup> (Bourges Sud)	2 µg/m <sup>3</sup> (Fulbert et Lucé)	*
	Percentile 98	74,5 µg/m <sup>3</sup> (Préfecture)	<b>97 µg/m<sup>3</sup></b> <b>(V. aux Dames)</b>	<b>52 µg/m<sup>3</sup></b> <b>(Bourges Sud)</b>	<b>56 µg/m<sup>3</sup></b> <b>(Fulbert)</b>	*

Situation des oxydes d'azote par rapport aux directives et recommandations dans la région Centre  
(station) = Station où la concentration maximale a été observée dans l'agglomération considérée

Seul NO<sub>2</sub> est concerné par les directives européennes et les recommandations de l'O.M.S., à l'heure actuelle, il n'existe aucune réglementation concernant le monoxyde d'azote "NO".

## C.2.2 - Le dioxyde de soufre

### C.2.2.1 - Emissions en région Centre

En région Centre, selon l'inventaire 1994 du CITEPA, 22 000 tonnes de SO<sub>2</sub> sont émises pour l'ensemble de la région soit 2% des émissions totales nationales. Elles proviennent à 36% du transport routier et 28% de l'industrie et du traitement des déchets. Cette répartition des sources d'émissions est une particularité régionale liée à la faible présence d'industrie lourde. En effet, au niveau national, environ 70% des émissions sont dues à l'industrie.

### C.2.2.2 - Situation par rapport aux directives et aux recommandations

Durant l'année 2000, les concentrations en dioxyde de soufre sur la région Centre, sont restées très faibles devant les valeurs limites et les valeurs guides (voir tableau ci-dessous). Aucun dépassement des directives européennes ou des recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), n'a été observé pour ce polluant.

Polluants		Orléans 2000	Tours 2000	Bourges 2000	Chartres 2000	Directives et recommandations
SO <sub>2</sub>	Moyenne journalière maximale	12 µg/m <sup>3</sup> le 20/07/00 (La Source)	11 µg/m <sup>3</sup> le 10/01/01 (J. Botanique)	15 µg/m <sup>3</sup> le 18/03/01 (Leblanc)	15 µg/m <sup>3</sup> le 07/04/00 (Fulbert)	125 µg/m <sup>3</sup> (OMS)
	Moyenne horaire maximale	56 µg/m <sup>3</sup> le 20/10/00 (La Source)	28 µg/m <sup>3</sup> le 15/05/00 (J. Botanique)	44 µg/m <sup>3</sup> le 20/02/01 (Leblanc)	44 µg/m <sup>3</sup> le 06/03/01 (Fulbert)	300 µg/m <sup>3</sup> (seuil d'information )
	P50 J année tropique	1 µg/m <sup>3</sup> (Préfecture)	2 µg/m <sup>3</sup> <b>(J. Botanique)</b>	<b>1 µg/m<sup>3</sup></b> <b>(Leblanc et</b> <b>Gibjoncs)</b>	<b>0,3 µg/m<sup>3</sup></b> <b>(Lucé)</b>	80 µg/m <sup>3</sup> (valeur guide)
	P98 J année tropique	<b>10 µg/m<sup>3</sup></b> <b>(La Source)</b>	<b>7 µg/m<sup>3</sup></b> <b>(J. Botanique)</b>	<b>7 µg/m<sup>3</sup></b> <b>(Gibjoncs)</b>	<b>9 µg/m<sup>3</sup></b> <b>(Fulbert)</b>	250 µg/m <sup>3</sup> (valeur limite)

Situation des oxydes d'azote par rapport aux directives et recommandations dans la région Centre  
(station) = Station où la concentration maximale a été observée dans l'agglomération considérée  
P50 J= percentile 50 des niveaux journaliers sur l'année tropique 2000-2001  
P98 J= percentile 98 des niveaux journaliers sur l'année tropique 2000-2001

Le dioxyde de soufre, n'a jamais été responsable de la dégradation de la qualité de l'air sur la région Centre, durant l'année 2000.

### C.2.3 - Les particules en suspension

#### C.2.3.1 - Situation par rapport aux directives et aux recommandations

L'objectif de qualité 30 µg/m<sup>3</sup> de particules en suspension (particules dont le diamètre est ≤ 10 µm appelée "PM10"), calculé sur l'année tropique, n'a pas été dépassé sur la région Centre (voir tableau ci-dessous).

En ce qui concerne les valeurs moyennes journalières, les recommandations de l'organisation mondiale de la santé (70 µg/m<sup>3</sup>) ont été respectées sur l'ensemble des agglomérations surveillées.

Polluants		Orléans 2000	Tours 2000	Bourges 2000	Chartres 2000	Directives et recommandations
Ps	Moyenne journalière maximale	56 µg/m <sup>3</sup> le 16/02/01 (Préfecture)	48 µg/m <sup>3</sup> le 20/02/01 (J. Botanique)	50 µg/m <sup>3</sup> le 21/02/01 <b>(Gibjoncs)</b>	38 µg/m <sup>3</sup> le 17/01/01 (Fulbert)*	70 µg/m <sup>3</sup> (OMS)
	Moyenne annuelle tropique	25 µg/m <sup>3</sup> (Préfecture)	20 µg/m <sup>3</sup> (J. Botanique)	20 µg/m <sup>3</sup> (Leblanc)	*	30 µg/m <sup>3</sup> (objectif qualité)
	P50 J année tropique	19 µg/m <sup>3</sup> (Préfecture)	15 µg/m <sup>3</sup> (J. Botanique)	14 µg/m <sup>3</sup> (Leblanc et Gibjoncs)	13 µg/m <sup>3</sup> (Fulbert et Lucé)*	
	P98 J année tropique	41 µg/m <sup>3</sup> (Préfecture)	35 µg/m <sup>3</sup> (J. Botanique)	<b>36 µg/m<sup>3</sup></b> <b>(Leblanc)</b>	29 µg/m <sup>3</sup> (Fulbert et Lucé)*	

Situation des oxydes d'azote par rapport aux directives et recommandations dans la région Centre (station) = Station où la concentration maximale a été observée dans l'agglomération considérée

P50 J= percentile 50 des niveaux journaliers sur l'année tropique 2000-2001

P98 J= percentile 98 des niveaux journaliers sur l'année tropique 2000-2001

\* la surveillance des particules en suspension, sur Chartres, a été installée en fin d'année 2000

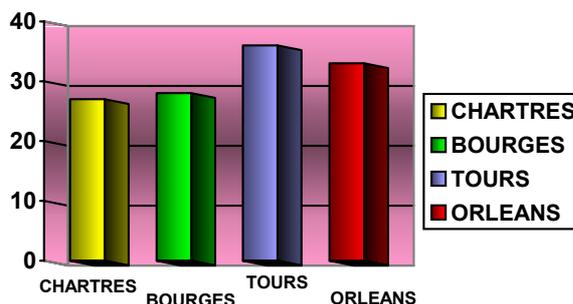
### C.2.4 - L'ozone

#### C.2.4.1 - Situation par rapport aux directives et aux recommandations

Contrairement aux polluants primaires, présentés précédemment, l'ozone est présent sur la région Centre à des concentrations relativement élevées, en particulier pendant les saisons estivales, qui peuvent parfois dépasser les seuils réglementaires en vigueur. Le seuil d'information de la population (180 µg/m<sup>3</sup> sur 1 heure) a été dépassé 1 fois en 2000 sur l'agglomération tourangelle. Aucun dépassement de ce seuil n'a été enregistré sur les agglomération berruyères, chartreuse et orléanaise (voir tableau ci-dessous) pendant la même période.

Les seuils de la protection de la santé (110 µg/m<sup>3</sup> sur 8 heures) et de la végétation ont été eux aussi dépassés plusieurs fois sur la région. Le nombre le plus important des dépassements du seuil de la protection de la santé a été observé sur l'agglomération de Tours (voir figure ci-contre). Le seuil d'alerte 360 µg/m<sup>3</sup> n'a jamais été observé.

*Nombre de jours moyen où le dépassement du seuil de la protection de la santé a été observé durant l'année 2000*



	Orléans	Tours	Bourges	Chartres
<b>Moyenne horaire maximale En <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b>	205 le 10/08/00 à 16h (La Source)	187 le 24/08/00 à 15 h (Ville aux Dames)	171 le 10/08/00 à 14 h (Leblanc)	172 le 20/07/00 à 16 h (Lucé)
<b>Alerte de la population 360 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math> sur 1 heure</b>	0	0	0	0
<b>Information des populations sensible: 180 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math> sur 1 heure</b>	0 (a)	1	0	0
<b>Protection de la santé 110 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math> sur 8 heures</b>	33 dépassements (La Source) *	36 dépassements (Ville aux Dames)	28 dépassements (Leblanc)	27 dépassements (Lucé)
<b>Protection de la végétation 65 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math> sur 24 heures</b>	162 dépassements (La Source) *	143 dépassements (Ville aux Dames)	109 dépassements (Gibjoncs)	113 dépassements (Fulbert)

Situation de l'ozone par rapport aux directives et recommandations en région Centre

\* : Nombre de jours où le dépassement a été observé

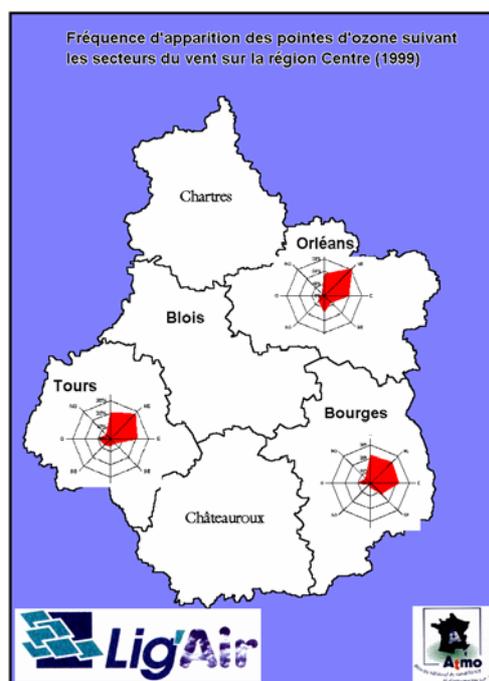
(a) : A noter qu'un dépassement du seuil d'information a été enregistré sur Orléans en août 2000 mais sur un seul capteur or il en faut deux pour mettre en œuvre la procédure d'information.

**Durant l'année 2000, l'ozone était le polluant responsable des situations les plus dégradées de la qualité de l'air observées sur la région Centre. Il est le polluant le plus préoccupant, parmi ceux mesurés par LIG'AIR, au regard de la santé publique et de la protection de la végétation sur notre région.**

#### C.2.4.2 - Transport de l'ozone

Les résultats obtenus durant cette année, laissent entendre que les agglomérations situées au nord de la région sont plus touchées par la pollution à l'ozone que celles situées au sud. Comme pour 1999, il est sûr que durant l'année 2000 la ville de Chartres était la ville la plus exposée à l'ozone et que l'agglomération de Bourges était la moins exposée.

Sur la région Centre, les niveaux d'ozone les plus élevés ( $\geq 110 \mu\text{g}/\text{m}^3$  seuil de la protection de la santé) sont observés principalement lorsque les masses d'air sont originaires des secteurs nord à est (voir carte ci-contre). La production de l'ozone au cours du transport des masses d'air depuis les régions limitrophes et en particulier depuis la région parisienne semble être la principale cause des fortes concentrations observées suivant ces secteurs.



### **C.3 - Le monoxyde de carbone**

#### **C.3.1 - Émissions en région Centre**

En région Centre, selon l'inventaire 1994 du CITEPA, avec 67 % des émissions régionales, la contribution du secteur des transports est largement majoritaire. Avec 421 000 tonnes rejetées chaque année, les émissions de monoxyde de carbone en région représentent 4 % des émissions françaises.

#### **C.3.2 - Évolution durant ces dernières années**

Le monoxyde de carbone n'est actuellement mesuré que sur deux sites de proximité en région Centre. Les objectifs de qualité ( $10\ 000\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ont été très largement respectés en 2001. Au niveau national, la tendance est à la baisse des concentrations de CO mesurées, grâce à la présence d'un pot catalytique dans les véhicules (transformations du CO en CO<sub>2</sub>) et à une meilleure combustion des moteurs devenus plus performants.

### **C.4 - Autres polluants**

#### **C.4.1 - Le plomb**

La région Centre compte deux usines de transformation du plomb : les usines STCM situées à Bazoches-les-Gallerandes (45) qui assure le recyclage des batteries usagées en lingots de plomb et les usines CFEC (STECO) à Outarville (45) et RECAM à Nouan-le-Fuzelier qui font l'inverse. Ces entreprises ont une incidence notable sur les concentrations en plomb relevées dans l'environnement proche.

#### **C.4.2 - Les hydrocarbures aromatiques**

Les appareils disponibles actuellement pour la mesure de ces polluants n'ont pas encore reçu l'agrément du Ministère de l'environnement.

#### **C.4.3 - L'ammoniac**

En région Centre, selon l'inventaire 1994 du CITEPA, avec 97 % des émissions régionales, la contribution du secteur de l'agriculture et de la sylviculture (machines et engins, élevage, cultures, forêts...) est très largement majoritaire. Avec 32000 tonnes rejetées chaque année, les émissions d'ammoniac en région représentent 4 % des émissions françaises.

#### **C.4.4 - Les produits phytopharmaceutiques**

Il n'existe pas encore de mesure de la teneur en substances actives des produits phytopharmaceutiques dans l'air en région Centre et donc aucun résultat quant à l'évaluation de la qualité de l'air en la matière n'existe. Cependant, la D.R.A.F. (SRPV) a déjà mené des campagnes de mesures de la teneur en substances actives des produits phytopharmaceutiques dans les pluies (cf. C.8.3).

On peut tout de même établir une liste des principaux polluants que l'on peut rencontrer *a priori* dans l'air, en région Centre. Celle-ci se base sur trois critères :

- Les substances actives (SA) les plus utilisées en agriculture et en région Centre (d'après la liste régionale de substances actives phytosanitaires à suivre en priorité obtenue grâce à la méthode SIRIS et établie pour la campagne 1996/97), liste limitée aux SA utilisées à plus de 2 tonnes dans la région, matières minérales et adjuvants exclus – repérées en *italique* ci-dessous,
- celles rencontrées dans les eaux de pluie en région Centre (d'après une étude conduite par la D.R.A.F. (SRPV) en collaboration avec trois lycées agricoles de la région) – repérées en **gras** ci-dessous,
- et celles ayant des propriétés extrêmes (constante de Henry, demi-vie, Koc) – soulignées dans la liste ci-dessous.

On obtient la liste non exhaustive suivante :

*Atrazine, chlortoluron, isoproturon, alachlore, tébutame, pendiméthaline, diflufenicanil, simazine, dééthylatrazine, dééthylsimazine, aclonifen, métazachlore, métolachlore, terbutylazine, diuron, linuron, cyprodinil, fenpropimorphe, trifluraline, clopyralid, MCPP, carbendazime, mancozebe, méta mitrone, chlorothalonil, lindane, glyfosinate, flurochloridone, sulfosate, aminotriazole, norflurazon, thiocyanate d'ammonium, arsenic de l'arsénite de sodium, iprodione, oryzalin, thirame, diclofop méthyl, dichlorprop p, pyriméthanil, chlorméquat chlorure, chlorure de choline, 2,4-MCPA (esters), fenpropidine, chloridazone, hexaconazole, phosmet, neburon, propargite, zirame, sulcotrione, azinphos-méthyl, metconazole, fosetyl-alluminium, 2,4-MCPA (sels), phosphamidon, bromopropylate.*

## **C.5 - Les études menées en région**

### **C.5.1 - La campagne de mesures par le laboratoire mobile de LIG'AIR**

Entre le 29 juin 1998 et le 6 décembre 1999, le laboratoire de Touraine a effectué dans le cadre du PRQA une campagne de mesure sur 11 sites de la région Centre. Cette campagne avait pour but de réaliser un premier état de lieu sur les niveaux des polluants classiques (ozone, oxydes d'azote, monoxyde de carbone, dioxyde de soufre et les particules en suspension) indicateurs de pollutions urbaines et industrielle.

#### **C.5.1.1 - Localisation et caractéristiques des sites**

Les sites de mesures ont été choisis en fonction de la population, des zones urbaines et industrielles et des sources générales de pollution (impact de la région parisienne, par exemple). Les caractéristiques de ces différents sites ainsi que les dates d'implantation du laboratoire mobile sont données dans le tableau ci-dessous (voir également annexe 4.H4) :

sites	Type de station	Dates d'implantation	Lieux d'implantation
<b>Blois</b>	Urbaine	du 26/06/98 au 23/07/98 et du 21/12/98 au 18/01/99	DRIRE 7 rue de Flandre 41000 Blois
<b>Vendôme</b>	Urbaine	du 23/07/98 au 10/08/98 et du 19/01/99 au 15/02/99	Stade Boniface
<b>Chartres</b>	Urbaine	du 10/08/98 au 20/08/98 et du 16/02/99 au 14/03/99	Services municipaux
<b>Dreux</b>	Urbaine	du 20/08/98 au 31/08/98 et du 15/03/99 au 12/04/99	Services techniques municipaux
<b>Pithiviers</b>	Urbaine	Du 31/08/98 au 09/09/98	CHU
<b>Montargis</b>	Urbaine	du 09/09/98 au 18/09/98 et du 13/05/99 au 20/06/99	Services techniques municipaux
<b>Azy</b>	Rurale	du 18/09/98 au 28/09/98 et du 23/06/99 au 21/07/99	Salle des fêtes
<b>Vierzon</b>	Urbaine	du 28/09/98 au 07/10/98 et du 22/07/99 au 23/08/99	Services techniques municipaux et Rue Pierre Sémard (face gare)
<b>Châteauroux</b>	Urbaine	du 07/10/98 au 28/10/98 et du 22/07/99 au 14/09/99	Services techniques municipaux
<b>Rosnay</b>	Rurale	du 29/10/98 au 20/11/98 et du 15/10/99 au 08/11/99	Camping municipal
<b>Richelieu</b>	Urbaine	du 20/11/98 au 16/12/98 et du 12/11/99 au 06/12/99	Salle polyvalente

Caractéristique de sites de mesure pour la campagne P.R.Q.A

### C.5.1.2 - Résultats des mesures

#### 5.1.2.1 - Dioxyde d'azote

Les teneurs en dioxyde d'azote sont, dans l'ensemble, modérées sur la région Centre. Elles étaient inférieures aux seuils réglementaires en vigueur sur la majorité des sites étudiés. Néanmoins, le seuil d'information de la population (200 µg/m<sup>3</sup> moyenne horaire) a été dépassé 7 fois sur le site de Châteauroux (concentration maximale horaire 336 µg/m<sup>3</sup> le 19/10/99) et une fois sur celui de Vierzon (concentration maximale horaire 249 µg/m<sup>3</sup> le 05/10/98). Ces dépassements proviennent vraisemblablement de l'emplacement de la remorque laboratoire à proximité de sources émettrices d'oxydes d'azote (voies à grande circulation et services techniques municipaux). Les sites n'étaient pas appropriés à la mesure de la pollution moyenne en agglomération. D'autres études seront nécessaires pour déterminer si ces dépassements perdurent dans des sites moins exposés.

#### 5.1.2.2 - Dioxyde de soufre

Les concentrations en dioxyde de soufre sont très faibles sur l'ensemble des sites de la région Centre, y compris en hiver, saison où la teneur de ce polluant est maximale, et dans tous les cas

largement inférieures aux valeurs guides de l'OMS et valeurs limites CEE, que ce soit en zones rurales ou en zone urbaines.

#### 5.1.2.3 - Monoxyde de carbone

Les teneurs en monoxyde de carbone sont très faibles sur l'ensemble des sites étudiés, même sur les sites proches de voies à grande circulation (Châteauroux et Vierzon).

#### 5.1.2.4 - Particules en suspension

Les teneurs en particules en suspension sont relativement faibles sur l'ensemble des sites étudiés, inférieures à la valeur guide de l'organisation mondiale de la santé ( $70\mu\text{g}/\text{m}^3$  sur 24 heures). Cependant des dépassements de cette valeur ont été enregistrés sur le site urbain de Vierzon (concentration maximale journalière  $116\mu\text{g}/\text{m}^3$  le 23/07/99) ainsi que sur le site rural d'Azy (concentration maximale journalière  $282\mu\text{g}/\text{m}^3$  le 23/09/98). Un dysfonctionnement de l'appareil de mesure n'est pas exclu pour expliquer ces fortes concentrations en poussières. Toutefois, une étude visant les particules en suspension, en particulier sur le site d'Azy, doit être menée afin de confirmer le dysfonctionnement de l'analyseur ou au contraire mettre en évidence une source de poussières dans l'environnement immédiat de ce site.

#### 5.1.2.5 - Ozone

Contrairement aux autres polluants, l'ozone était présent à des niveaux relativement élevés sur l'ensemble des sites étudiés pendant la saison estivale (saison propice à la formation de l'ozone). Le seuil d'information de la population ( $180\mu\text{g}/\text{m}^3$  sur une heure) a été dépassé 3 fois sur le site de Vendôme (concentration horaire maximale  $222\mu\text{g}/\text{m}^3$  le 07/08/98) et 1 fois sur le site de Chartres (concentration horaire maximale  $180\mu\text{g}/\text{m}^3$  le 11/08/98). Les seuils de protection de la santé ( $110\mu\text{g}/\text{m}^3$  sur 8 heures) et de la végétation ( $65\mu\text{g}/\text{m}^3$  sur 24 heures) eux aussi ont été dépassés fréquemment. Ces dépassement ont été également observés sur les sites fixes gérés par LIG'AIR à Orléans et Tours à la même période.

D'une manière générale, les sites situés à l'est de la région Centre, et proches de la région Parisienne paraissent plus touchés par la pollution à l'ozone que les sites plus éloignés de Paris. Les concentrations les plus élevées en ozone ont été observées sous des conditions météorologiques caractérisées par des vents faibles soufflant en provenance de la région Parisienne.

### C.5.2 - Le suivi à long terme des écosystèmes forestiers

Le résultat des mesures de dépôts réalisées dans la placette CHS 41 (chêne sessile, forêt domaniale de Blois) du sous-réseau CATAENAT est le suivant :

- les **dépôts d'acidité, de soufre et d'azote** paraissent très faibles dans ce site, mais les dépôts de **magnésium** y paraissent également parmi les plus faibles mesurés sur le territoire français. A noter que la faiblesse des précipitations dans cette région est un facteur qui contribue à la faiblesse des dépôts,
- les valeurs mesurées sont assez proches de celles prédites par les modèles, à l'exception des **dépôts azotés qui paraissent très faibles** dans la placette mesurée. La **faiblesse des dépôts**

**d'éléments neutralisant** n'est par contre pas conforme à ce que prédit le modèle, mais on sait que les modèles sont assez peu performants dans ce domaine.

### C.5.3 - Le suivi des produits phytosanitaires dans les eaux de pluie par le G.R.E.P.P.E.S.

Afin d'évaluer l'ampleur de ces émissions, un programme de suivi des concentrations en produits phytosanitaires dans les eaux de pluie a été mis en place. La campagne 1998 s'est inscrite dans les travaux du GREPPES en région Centre. L'objectif est d'établir un état des lieux de la qualité "phytosanitaires" des eaux de pluie, mais aussi d'appréhender de probables relations entre événements météorologiques, apports phytosanitaires et qualité de l'air.

#### Situation

Le suivi des produits phytosanitaires dans les eaux de pluie a lieu en trois stations du Nord de la région Centre. Les stations sont situées respectivement à quelques kilomètres des agglomérations de Vendôme, Chartres et Montargis, dans le périmètre des lycées agricoles d'Areines, la Saussaye et le Chesnoy, donc en zone agricole.

Le suivi réalisé s'étend sur une gamme relativement large, puisqu'une cinquantaine de molécules est analysée sur chaque site. La liste est établie en fonction des apports de produits phytosanitaires. Elle peut donc varier selon la période de l'année.

#### Premiers résultats

De novembre 1997 à juillet 1998, 24 échantillons ont été étudiés et une cinquantaine de molécules ont été analysées. La liste des molécules recherchées a été établie en fonction des apports de produits phytosanitaires, elle n'est donc pas constante. Au total 500 recherches de molécules ont été effectuées.

Les molécules analysées comprennent 52 substances actives : 30 herbicides, 12 fongicides, 7 insecticides, 1 molluscicide et 2 métabolites. Sur ces 52 molécules, 18 ont été détectées au moins une fois, notamment des herbicides.

Sur les 500 recherches, 62 ont détecté la molécule recherchée. L'ordre de grandeur des concentrations est très variable :

- 29 détections sont à des concentrations comprises entre le seuil détection et 0,1 µg/l,
- 24 détections sont à des concentrations de 0,1 à 0,5 µg/l,
- 4 détections sont à des concentrations de 0,5 à 1 µg/l,
- 5 détections mettent en évidence des concentrations supérieures à 1 µg/l.

Dans les 5 recherches où la concentration dépasse 1 µg/l, il s'agit de :

- 2 herbicides : **l'alachlore et l'aclonifen**
- 1 fongicide : **le cyprodinil**

Les molécules herbicides : **atrazine, simazine, chlortoluron et clopyralid** ont été détectées une fois à plus de 0,5 µg/l. Les herbicides **isoproturon et pendiméthaline** ont été détectés plusieurs fois mais à des concentrations plus faibles. Plusieurs autres molécules herbicides ou fongicides ont été trouvées dans les échantillons d'eau de pluie. Quels que soient le site et la période de prélèvements, tous les échantillons d'eau de pluie prélevés et analysés ont mis en évidence la présence d'au moins une substance active.

Les premiers résultats indiquent donc que l'eau de pluie est contaminée par des molécules **de produits** phytosanitaires très diverses au moins pendant une grande partie de l'année. Ces concentrations résultent d'apports agricoles mais certaines molécules pourraient résulter aussi d'usages non agricoles. L'ordre de grandeur des concentrations est souvent supérieur à 0,1µg/l et dépasse même parfois 1 µg/l. **Le degré de contamination des eaux de pluie par les produits phytosanitaires est donc élevé.** Cette étude sera poursuivie en 1998-99. Une grande attention doit être portée sur les conditions d'apport des produits phytosanitaires et l'utilisation de substances actives volatiles demande une grande vigilance.

Les capteurs étant situés bas (à 1 mètre du sol), les molécules retrouvées proviennent essentiellement des dérivés mais aussi partiellement de la volatilisation des produits phytosanitaires. On peut supposer également l'existence d'un transport à plus longue distance.

#### C.5.4 - Le projet de suivi de la qualité "phytosanitaire" de l'air

La D.R.A.F. et la FREDEC Centre projettent de suivre la teneur en produits phytosanitaires de l'air en zone rurale sur un ou deux sites en région Centre (parmi les Sites du réseau eaux de pluie).

Ceci se ferait en collaboration étroite avec LIG'AIR et un laboratoire d'analyses :

La D.R.A.F. et la FREDEC Centre assureraient la coordination et le suivi de l'action. LIG'AIR effectuerait les prélèvements. Le laboratoire d'analyses mettrait au point des méthodes d'analyses.

Ce projet comporterait deux phases :

- une première phase de mise au point sur la partie échantillonnage et sur la partie analytique.
- la deuxième phase constituerait à analyser la qualité de l'air en zone rurale et à comparer les contaminations de l'air et celles des eaux de pluies.

#### C.5.5 - Les études utilisant des végétaux pour évaluer la qualité de l'air

L'utilisation des végétaux (bio-indicateurs, bio-accumulateurs<sup>8</sup>) apparaît comme une **technique complémentaire des outils traditionnels** (mesures physico-chimiques automatiques et manuelles) d'évaluation de la qualité de l'air. La bio-indication végétale se situe **à l'interface des mesures traditionnelles des polluants et de l'évaluation des effets biologiques** des pollutions, en utilisant un organisme vivant qui est exposé à un "cocktail" de polluants atmosphériques dont les composants ne sont pas tous connus (alors que l'approche physico-chimique ne s'intéresse qu'à un polluant ou à un groupe de polluants prédéterminés et en nombre limité et ne permet pas d'évaluer l'exposition des êtres vivants à la pollution de l'air).

L'utilisation de réseaux de plantes bio-indicatrices présente, comparativement aux réseaux classiques, les **intérêts** suivants :

- ils sont peu coûteux puisqu'il s'agit de matériels vivants faciles à installer ou déjà en place,
- ils présentent une grande souplesse au niveau de leur modification, leur extension ou leur déplacement.

Néanmoins, quelques **limites** caractérisent cette méthode :

- une disponibilité non permanente liée au climat ou au cycle de végétation,

<sup>8</sup> - Les **végétaux bio-indicateurs** sont particulièrement sensibles à un polluant donné et dont la seule observation des nécroses foliaires formées renseignent sur la présence des polluants et sur leurs niveaux relatifs.

- Les **végétaux bio-accumulateurs** sont résistants à la pollution qui accumulent les polluants dans les feuilles et qui permettent, grâce à des analyses foliaires, de renseigner sur la nature des polluants et sur leurs niveaux relatifs.

- une possibilité d'interférence dans les réponses avec d'autres stress abiotiques (froid, sécheresse...) ou biotiques (champignons, insectes...),
- une fourniture d'informations relatives sur les niveaux de pollution, sans correspondance immédiate avec les teneurs absolues dans l'atmosphère.

Les réseaux de plantes bio-indicatrices sont **avant tout complémentaires des réseaux physico-chimiques**, en permettant :

- de réaliser des études préliminaires pour choisir les emplacements les mieux adaptés à l'implantation de capteurs physico-chimiques,
- de détecter des polluants nouveaux ou accidentels, non pris en compte par les capteurs en place,
- d'étudier la répartition des polluants sur une grande superficie,
- de fournir des informations d'ordre biologique sur l'impact des polluants sur les êtres vivants.

**En aucun cas les végétaux bio-indicateurs ne peuvent concurrencer les systèmes de mesures physiques en tant que système d'alerte dans les zones à risques**, car ils ne réagissent pas assez rapidement et ne donnent pas le taux instantané du polluant dans l'air.

Deux études utilisant les lichens comme bio-indicateurs de la qualité de l'air ont été réalisées en région Centre. Résultant de la symbiose d'une algue et d'un champignon, les lichens possèdent une activité photosynthétique continue et ils opèrent leurs échanges gazeux par simple diffusion à travers le cortex. Ainsi, les quantités de substances prélevées dans l'atmosphère s'accumulent d'une manière non sélective.

#### C.5.5.1 - Etude nationale métaux lourds sur mousse.

Cette étude a mis en œuvre 40 sites de prélèvement de mousses dans la seule région Centre. L'arsenic (As), le Nickel (Ni), le Cadmium (Cd) et le plomb (Pb) ont été dosés (mg/kg de matière sèche) dans les mousses recueillies en 1993, 1994 et 1995. As, Ni et Cd sont inférieurs à la moyenne nationale. Le plomb a une moyenne supérieure à celle de la France du fait d'un point singulier, au Nord du Loiret (Erceville).

#### C.5.5.2 - L'étude régionale de bio-surveillance des métaux dans les lichens

##### **Objectifs de l'étude**

L'objectif de cette étude, réalisée sur cinq ans, consiste à mettre en évidence la composition et la qualité minérale de l'air dans différents milieux situés en région Centre.

Mais le but n'est pas de relier directement les teneurs en métaux dans les lichens aux teneurs métalliques dans l'atmosphère. En effet, il n'est pas possible, en l'état des connaissances actuelles, de trouver un "facteur" permettant le passage direct entre ces deux concentrations, les teneurs absolues dans les végétaux dépendant de leur état physiologique, de la période de l'année, de leur âge, etc.

Par contre, ce type d'étude **permet une comparaison entre les différents sites surveillés et de trouver le ou les métaux caractéristiques des différentes formes de pollution**. On peut ainsi parler de "métaux traceurs" et établir une échelle de la pollution dans les sites de la région Centre

##### **Méthode**

La **méthode du transfert lichénique** permet de suivre l'évolution de l'accumulation de certains éléments en fonction du temps et de l'espace. Pour cela, on examine les résultats provenant du transfert d'un lichen témoin aux différentes stations du site (la comparaison des concentrations entre

les lichens transférés et les lichens témoins permet de mettre en évidence l'accumulation de certains éléments minéraux présents dans le milieu).

Sur l'ensemble de la région Centre, **83 sites ont été retenus** en fonction du contexte culturel, de la topographie, de la végétation, des activités industrielles ou urbaines. Ils sont composés :

- des villes les plus importantes (les agglomérations de Tours et Orléans),
- des villes d'importance moyenne (Saint-Amand-Montrond, Vierzon, Bourges, Châteaudun, Chartres, Châteauroux, Amboise, Vendôme, Blois, Montargis, Gien),
- de zones industrielles (dans les villes citées précédemment),
- de bourgs (Sancerre, Belleville-sur-Loire, La Chatre, Mézières-en-Brenne, La Chapelle sur Loire, Beaumont-en-Véron, Chaumont-sur-Loire, Saint-Laurent-Nouan, Saint-Viatre, Mur-en-Sologne, Meung-sur-Loire),
- de sites ruraux ou forestiers (forêt de Vierzon, forêt d'Orléans, Brenne, zones céréalières dans les régions de Chartres, de Pontlevoy, etc.).

Le choix de **14 éléments de base à doser** a été effectué en fonction des activités agricoles, industrielles ou urbaines, afin de couvrir un éventail assez large des particules présentes dans l'air ambiant. Ce tableau donne l'origine des différents éléments traceurs choisis :

Élément	Origine
Pb	Pollution automobile
Mn, Cr, Fe, Zn, Cd	Pollution industrielle, constituant des carrosseries et moteurs des véhicules
Cu	Pollution industrielle, traitements agricoles
S	Pollution acide
Al	Pollution industrielle, bâtiments
K,Ca,Mg,P,Na	Activité agricole, bâtiments (surtout Tuffeau en région Centre)

Pour tous les éléments et toutes les stations confondues, il est possible de calculer :

- la classe (teneurs en élément) moyenne d'un ensemble de stations,
- l'effectif moyen d'un ensemble de stations dans les différentes classes.

Ces calculs ont valeur de comparaison pour l'appréciation de la qualité minérale de l'air entre les villes et les départements de la région Centre. Le classement des stations et des éléments est réalisé par ordre décroissant (des plus contaminés aux moins contaminés).

### Résultats de l'étude

Dans ce contexte, seuls le cadmium et le plomb ont été analysés. Les quantités de cadmium étant inférieures aux limites de détection, seul les concentrations en plomb ont pu être déterminées.

Les teneurs les plus importantes sont trouvées dans les agglomérations (Tours et Orléans). Toutefois, on observe une tendance à la baisse (- 50 %) entre 1992 et 1997.

Le site de S<sup>t</sup> Viâtre (en Sologne, 41) sort toutefois du lot dans la mesure où les concentrations y ont été mesurées plus élevées que dans ces agglomérations, quelque soit la saison. Compte tenu du caractère rural de la commune, il reste à déterminer la justification d'une telle teneur.

### C.5.5.3 - L'étude cartographique de la flore lichénique du site de Chinon

Cette étude, publiée en 1989<sup>9</sup>, consiste à inventorier les espèces lichéniques utilisées comme bio-indicateurs autour du site nucléaire de Chinon et d'**établir la cartographie révélant la qualité de l'air** de ce secteur.

Sur ce site de 130 km<sup>2</sup> où 45 espèces ont été dénombrées, il y avait quatre sources principales de pollution :

- un rejet de SO<sub>2</sub> issu de l'utilisation des énergies fossiles dans les villages et les hameaux,
- l'émission de métaux lourds (Fe, ZN, Mn) traités par une unité proche de la centrale nucléaire ainsi que le plomb lié à la circulation automobile,
- des pesticides et des engrais fertilisants provenant des pratiques agricoles (notamment des substances azotées telles que les nitrates répandus par pulvérisation, du sulfate, de la potasse et du magnésium),
- des émissions de poussières contenant du calcium (en relation avec la construction de la dernière tranche de la centrale nucléaire).

La cartographie de la pollution acide a révélé quatre zones de pollution en étroite relation avec la répartition de la végétation et des activités. Les terroirs où la qualité de l'air était la plus altérée étaient occupés par des cultures intensives et spécialisées. **Les pratiques agricoles étaient donc nettement plus déterminantes que les activités industrielles dans la répartition lichénique et le degré de pollution acide.**

L'absence de gradient de pollution, caractérisant de brusques changements de zones de la qualité de l'air en fonction des divers milieux rencontrés, dénotait le caractère hétérogène de la qualité de l'air.

Cette étude ne semble pas avoir fait l'objet d'un suivi pluriannuel.

### C.5.6 - Etude métaux lourds de LIG'AIR

Lig'air a engagé des mesures de métaux lourds sur les agglomérations de Tours (du 8 au 23 mars 2000), d'Orléans (du 4 au 10 avril 2000) et de Châteauroux (du 9 au 20 mars 2000), à l'aide de préleveurs sur filtre (un filtre par jour), prêtés par le fabricant de l'appareil. Les concentrations ont été déterminées par un laboratoire extérieur.

Le nickel et le plomb ont des évolutions parallèles et suivent le niveau de trafic automobile.

Le cadmium est (pour une exposition du filtre d'une journée) à un niveau tel que l'on atteint pas la limite de détection de l'appareil de mesure.

Les seuils réglementaires, lorsqu'ils existent, ne sont pas atteints.

Il est prévu en 2000 l'achat de matériels permettant la mesure sur les agglomérations de Tours et Orléans au niveau des sites de proximité automobile.

---

<sup>9</sup> CATTELOIN C. et ARVY M.P., 1989 : Etude cartographique de la flore lichénique du site de Chinon, Indre-et-Loire. Acta Oecologica, : Vol. 10, n°3, pp. 241 - 258.

### C.5.7 - Etude composés organiques (benzène) de LIG'AIR

Deux méthodes de mesures ont été employées lors d'essais préliminaires engagés au premier trimestre 2000 :

- par tubes à diffusion (qui permet d'obtenir une valeur moyenne pendant la durée d'exposition du tube à la pollution locale),
- par analyseur automatique, avec une mesure quart horaire.

Les résultats montrent que les éléments tels que le benzène, le toluène et le méta-paraxylène sont liés à la circulation automobile. De plus, tous les sites de proximité automobile dépassent la norme ( $2\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Les sites de fond frôlent cette limite.

Lig'air a prévu de poursuivre les mesures de ces composés, d'abord à l'aide de tubes à diffusion, en vue d'une "cartographie des concentrations, et à l'aide d'analyseurs automatiques (à Tours et à Orléans).

### C.5.8 - Campagne Ozone de l'été 2000

Initiée dans le cadre de la recherche d'un site rural approprié pour la mesure de l'ozone sur le front nord-est de la région Centre, cette campagne de mesure n'a pas permis de mettre en évidence de phénomènes particuliers ni de concentrations excessives : la situation météorologique de l'été 2000 n'étant pas particulièrement favorable à la création d'ozone.

### C.5.9 - Les actions de sensibilisation

La bio-indication est aussi un outil de sensibilisation des populations à la pollution atmosphérique, et se prête bien aux animations pédagogiques. En effet, il est plus facile d'observer les effets de la pollution atmosphérique sur les végétaux que d'analyser une série de données chiffrées.

Deux actions de **sensibilisation à la pollution par l'ozone** ont été réalisées en région Centre à partir de l'observation des nécroses caractéristiques de l'ozone présentes sur les feuilles de tabac.

#### C.5.9.1 - Le suivi de l'ozone à Blois

Réalisée pour la première fois du 14 juin au 15 septembre 1999 à Blois (cette étude sera reconduite en 2000) , ville peu industrialisée de 50 000 habitants, cette étude avait pour but de **cartographier la répartition de l'ozone sur la ville**, de déterminer les conditions d'apparition de ce polluant, de **sensibiliser la population** aux problèmes de pollution de l'air, et de compléter les connaissances sur cette méthode d'analyse encore récente<sup>10</sup>.

**Les niveaux relatifs d'ozone sont déterminés uniquement à partir de l'observation et de l'estimation de la taille moyenne des nécroses foliaires provoquées par ce gaz sur deux variétés de tabac** : le tabac BEL W3 très sensible à l'ozone (mais aussi sensible à d'autres polluants<sup>11</sup>) et le tabac BEL B utilisé pour sa résistance à l'ozone comme témoin pour se prémunir contre d'éventuelles interférences dues à des maladies. Les nécroses foliaires commencent à se former à partir d'une teneur en ozone d'environ 0,04 ppm sur 4 heures pour le tabac BEL W3 et à partir de 0,08 ppm pour le BEL B. 40 sites d'étude ont été répartis uniformément sur l'ensemble de la ville

<sup>10</sup> Méthode d'analyse développée par le Laboratoire Pollution Atmosphérique de l'INRA de Nancy en 1996.

<sup>11</sup> Le fait que cette variété de tabac ne soit pas uniquement sensible à l'ozone explique le choix de considérer cette étude uniquement comme une action de sensibilisation.

de Blois, dont 3 ont été installés en centre ville dans un but de sensibilisation aux problèmes de la qualité de l'air. Par ailleurs, quelques animations ont été réalisées auprès des enfants dans les écoles. Un site supplémentaire a été installé à Chambord à proximité d'un analyseur physico-chimique afin de tenter de corrélérer la quantité de nécroses foliaires avec la teneur en ozone dans l'atmosphère.

La carte de synthèse de la présence de l'ozone à Blois met en évidence que ce **polluant était plus présent en périphérie Sud-Ouest** (l'ozone étant poussé par les vents de Nord-Est) **qu'en centre-ville** (l'abondance d'oxydes d'azote dégagés par les véhicules inhiberait la production d'ozone en détournant une partie des radicaux libres OH vers la production d'acide nitrique<sup>12</sup>).

L'expérimentation réalisée sur le site de Chambord a mis en évidence la **difficulté de corrélérer les dommages foliaires avec la teneur en ozone de l'atmosphère** (difficulté due à la variation des conditions climatiques et à la fluctuation propre de la plante dans ses réponses en présence de l'ozone).

#### C.5.9.2 - La bio-station à Orléans

La Commission pour l'Environnement du Conseil Municipal des Jeunes d'Orléans a organisé, pendant l'été, la plantation d'une bio-station dans quatre quartiers de la ville. Cette action a permis de sensibiliser les adolescents qui effectuaient les relevés.

Le suivi de ce programme de sensibilisation fut irrégulier cette année car réalisé pendant les grandes vacances scolaires (absentéisme des enfants). Ce projet doit être renouvelé l'année prochaine en renforçant le suivi des opérations par un meilleur encadrement.

#### **C.5.10 - Programme Météo France**

Météo France a engagé depuis 1994 un programme visant à déterminer l'existence d'un impact des éléments polluants sur le comportement du "temps" (dépôts acides, ozone, rayonnement UV B, gaz aérosols à effet de serre, gaz réactifs,...). Des études régionales sont menées : Ile de France et régions voisines ; Axe Bordeaux - Toulouse - Montpellier, Région d'Avignon - Aix - Marseille).

Les études menées sur la région parisienne intéressent donc la région Centre : Les modèles à mettre au point visent à comprendre le comportement de la bulle de pollution primaire parisienne (émissions du matin) principalement dans des conditions anti-cycloniques, par vent faible, en été. Les conséquences sur la concentration en ozone est mesurée dans un rayon de 300 km, distance parcourue par les masses d'air en une journée.

Les mesures sont réalisées depuis 1996. En 1999, 80 % de ces situations anticycloniques (vents de Nord à Nord - Est) ont amené une croissance du niveau d'ozone dans la région Centre :

- avec un décalage de 12 h pour le Loiret et l'Eure et Loir
- avec un décalage de 24 h pour le Loir et Cher et le Nord du Cher.

Ces observations ont été réalisées grâce à des stations de mesure implantées en région Centre dans les communes suivantes, sous le vent d'Est ou Nord - Est, dominants l'été :

- Champseru (28073),                      - La Ferté - Vidame (28149),
- Happonvilliers (28192),              - Ollé (28286)
- Marchenoir (41123).

D'autres stations ont été implantées dans l'Orne et la Sarthe.

<sup>12</sup> Académie des sciences, 1993 : Ozone et propriétés oxydantes de la troposphère. Rapport n° 30. Lavoisier, Paris, 262 p.

**Les résultats montrent à l'évidence l'impact du panache de pollution primaire (NOx) de la région parisienne sur la concentration en ozone dans la région Centre :**

La teneur maxi en ozone est observée le plus fréquemment entre 100 et 200 km de Paris.

De épisode à 250 µg/m<sup>3</sup> d'O<sub>3</sub> ont été observés dans les régions de Chartres et de Dreux le 19 juillet 1997.

Sur le site de la Ferté Vidamme, on observe un maximum de concentration d'ozone en général le matin. Sur le site de Marchenoir, le maximum est plutôt observé en fin d'après midi.

La contribution des terpènes issus des forêts à la génération de l'ozone est probablement non nulle ; toutefois, compte tenu de leur "durée de vie" (2 à 3 heures), il est difficile de déterminer si elle est significative dans le résultat au niveau de la qualité de l'air dans la région.

Les modèles numériques utilisés pour prévoir les concentrations d'ozone dont l'origine sont les émissions de pollution primaire (NOx) de la région de Paris n'ont pas pris en compte les émissions de polluants émis dans la région Centre (zones urbaines, émissions industrielles).

De même, les travaux en cours ne permettent pas encore de définir quel serait le taux de réduction des émissions de la région parisienne pour ne plus avoir de dépassement de seuil de la concentration d'Ozone en région Centre.

**C.5.11 - Les recherches sur le patrimoine bâti : la sulfatation des pierres sur la cathédrale de Tours**

Un programme de recherches franco-allemand, dont les conclusions viennent d'être publiées, a permis l'étude de la cathédrale Saint-Gatien de Tours. Dans ce cadre le laboratoire inter-universitaire des systèmes atmosphériques CNRS – Université Paris XII Créteil a étudié les effets de la pollution atmosphérique d'un grand monument situé en milieu urbain.

L'action de l'environnement atmosphérique sur la pierre et le vitrail a été abordée dans une démarche globale, à la recherche des facteurs et des mécanismes responsables de la sulfatation superficielle généralisée qui s'observe sur l'édifice. Au sein du ciment gypseux formant l'essentiel des croûtes sombres observées sur le tuffeau et sur les vitraux existent des traceurs dont l'origine atmosphérique est indéniable : des cendres volantes industrielles en particulier. Les mêmes populations de cendres volantes se retrouvent dans le contenu de l'air, de la pluie et dans les croûtes noires. La présence, dans l'air et dans la pluie, de sphérules lamellaires d'opale-cristobalite-tridymite, originaires du tuffeau, permet de suggérer le transport atmosphérique de celles que l'on retrouve dans les croûtes sulfatées sur le verre. Il existe donc une bonne fonction de transfert des poussières de l'atmosphère vers les matériaux et le contenu des croûtes superficielles reflète bien celui de l'air.

## **D/ L'INVENTAIRE DES EMISSIONS**

### **D.1 - L'inventaire du CITEPA**

#### **D.1.1 - Présentation de l'inventaire du CITEPA**

Le Centre Interprofessionnel Technique d'Études de la Pollution Atmosphérique, (CITEPA), réalise différents inventaires d'émission destinés aux instances internationales, pour le compte du Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement. Mandaté par ce Ministère, cet organisme a réalisé des inventaires régionaux des principaux polluants atmosphériques nécessaires à l'élaboration des Plans Régionaux pour la Qualité de l'Air. Ces inventaires portent sur les substances ayant un impact local et régional, à savoir :

- **Oxydes de soufre (SO<sub>2</sub> et SO<sub>3</sub>) exprimés en SO<sub>2</sub>**
- **Oxydes d'azote (NO et NO<sub>2</sub>)**
- **Composés organiques volatils non méthaniques (COVNM)**
- **Monoxyde de carbone (CO)**
- **Ammoniac (NH<sub>3</sub>)**
- **Dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>)**

Les substances appauvrissant la couche d'ozone et les gaz à effet de serre n'ont pas été pris en compte [sauf le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) qui a été intégré en tant qu'indicateur de consommation d'énergie fossile]. Les poussières n'ont pas non plus été retenues par cette étude du fait des difficultés liées notamment à la fraction granulométrique à retenir.

#### **D.1.2 - Période étudiée**

Cette étude porte sur l'année civile 1994 sans aucune distinction de période particulière. Ce choix a été lié à la disponibilité de statistiques nationales.

#### **D.1.3 - Entités géographiques**

L'inventaire a retenu les entités géographiques suivantes :

- Arrondissement hors unités urbaines de plus de 100 000 habitants ;
- Unités urbaines de plus de 100 000 habitants, au sens de l'INSEE, définies sur la base de la continuité des zones bâties atteignant 2 000 habitants - soit pour la région Centre : Tours et Orléans ;
- Tronçons d'autoroutes et de routes nationales (intersection des éléments linéaires et autres entités territoriales).

#### **D.1.4 - Types d'émetteurs recensés**

Les résultats, au niveau régional, sont fournis sous forme de cartes, de tableaux et de diverses analyses notamment relatives aux grands secteurs économiques :

- Extraction et transformation d'énergie, dont production d'électricité, raffinage et chauffage urbain ;

- Résidentiel, tertiaire, commercial, institutionnel ;
- Industrie et traitement déchets, dont combustion dans l'industrie ;
- Agriculture et sylviculture ;
- Transports routiers, dont les véhicules particuliers, les utilitaires et les poids lourds ;
- Transports non routiers ;
- Autres secteurs, nature compris.

### D.1.5 - Méthodologie

La méthodologie utilisée pour réaliser les inventaires s'est appuyée sur les méthodologies existantes et notamment sur la méthodologie CORINAIR. La réalisation de tous les inventaires selon la même méthode permet des inter comparaisons entre régions, ainsi qu'à l'échelon national et international.

Cette méthodologie peut être grossièrement résumée par la formule suivante :  $E = A H F$  où

- E : représente l'émission relative à une substance et à une activité donnée,
- A : correspond à une quantité d'activité,
- F : est le facteur d'émission relatif à la substance et à l'activité considérée.

Les sources de pollution atmosphérique permettant une analyse sectorielle correspondent à des activités industrielles, domestiques, agricoles et naturelles décrites dans la nomenclature CORINAIR/SNAP 94.

### D.1.6 - Limites de l'étude

Le CITEPA estime les incertitudes relatives pour chaque polluant à :

- 5 % pour les oxydes de soufre et le dioxyde de carbone ;
- 15-20 % pour les oxydes d'azote ;
- 30-50 % pour les composés organiques volatils et l'ammoniac.

Une certaine prudence devra donc être observée dans l'utilisation des résultats.

### D.1.7 - Résultats globaux en région Centre

Les émissions en kilotonnes des différents polluants atmosphériques considérés sont reprises dans le tableau suivant :

	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	COV	CO	CO <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub>
<b>France - tous secteurs</b> (en kt)	1042	1723	2866	9643	417000	752
<b>Centre - tous secteurs</b> (% / France)	21,9	93,1	142,6	421,5	15800	32,4
	2 %	5 %	5 %	4 %	4 %	4 %

Il convient ici de rappeler quelques points de repère concernant la région Centre : elle représentait en 1994 :

- 7,2 % du territoire métropolitain en superficie (39151 km<sup>2</sup>)
- 4,2 % de la population métropolitaine (2411901 habitants)

- 3,8 % du PIB national (367 milliards de francs en 1992)
- 4,4 % du PIB industriel national (en 1996)
- 5,6 % de l'emploi industriel national
- 8,2 % de la surface agricole utile nationale.

L'industrie représente 25,7 % des emplois de la région et son PIB représente 27,2 % du PIB régional.

La contribution de la région à la pollution atmosphérique française rapportée à son poids démographique, surfacique et économique, peut donc être considérée comme faible pour le SO<sub>2</sub> et dans la moyenne pour les NO<sub>x</sub>, COV, CO, CO<sub>2</sub> et NH<sub>3</sub>.

#### D.1.8 - Émissions par secteur d'activité

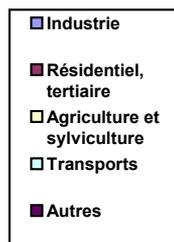
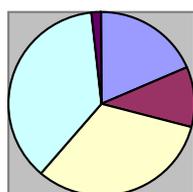
Sur la région Centre, les contributions aux émissions des différents polluants, exprimées en pourcentage, des secteurs d'activité reconnus par le CITEPA sont présentés ci-dessous :

Secteur d'activité	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	COV	CO	CO <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub>
Extraction et transformation d'énergie	8,5 %	1,6 %	2,2 %	0,0 %	1,9 %	0,0 %
Résidentiel, tertiaire, commercial, institutionnel	19,0 %	3,6 %	10,7 %	16,7 %	<b>29,9 %</b>	0,0 %
Industrie et traitement déchets	<b>28,5 %</b>	5,8 %	16,3 %	1,2 %	20,0 %	2,7 %
Agriculture et sylviculture	6,9 %	<b>27,1 %</b>	<b>31,9%</b> <sup>(1)</sup>	14,2 %	8,4 %	<b>96,8 %</b> <sup>(2)</sup>
Transports routiers	<b>36,5 %</b>	<b>61,2 %</b>	<b>37,0 %</b>	<b>67,6 %</b>	<b>39,3 %</b>	0,5 %
Transports non routiers	0,5 %	0,7 %	0,4 %	0,2 %	0,5 %	0,0 %
Autres secteurs, nature compris	0,0 %	0,0 %	1,6 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %

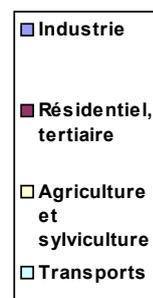
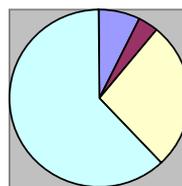
(1) sylviculture (2) agriculture

On constate que le transport routier, à l'image de la France, constitue un secteur d'émission prépondérant pour toutes les substances sauf pour le NH<sub>3</sub> émis majoritairement par l'agriculture.

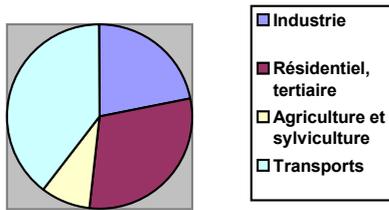
#### COVNM : 142 600 tonnes



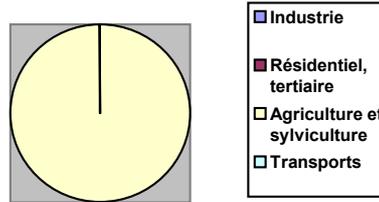
#### NO<sub>x</sub> : 93 100 tonnes



**CO2 : 15 800 000 tonnes**



**NH3 : 32 400 tonnes**

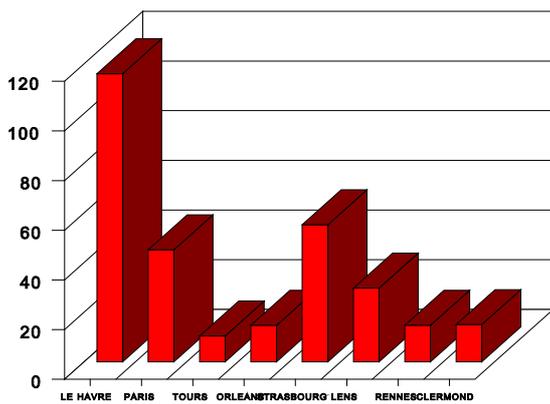


Le CITEPA a comparé ces résultats avec ceux d'un précédent inventaire, CORINAIR France 1990. Il semble que les émissions aient diminué entre 1990 et 1994 pour le SO<sub>2</sub> (- 10 %), les COV (-5 %), le CO (-15 %), le CO<sub>2</sub> (-7 %) ; elles auraient augmenté en ce qui concerne les NO<sub>x</sub> (+ 8 %) et le NH<sub>3</sub> (+4 %).

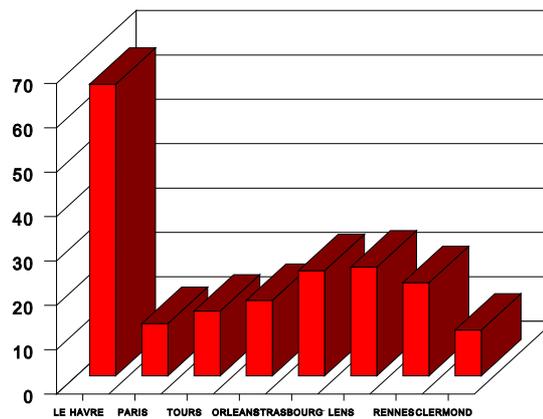
**D.2 - Comparaison des émissions des principales agglomérations françaises**

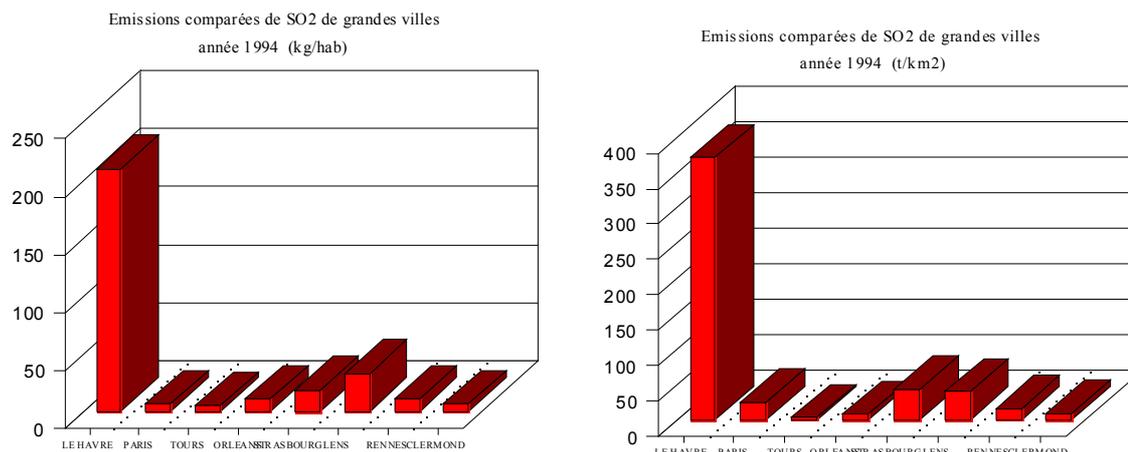
Cette partie a pour objet de comparer entre elles les 60 unités urbaines françaises de plus de 100.000 habitants selon les résultats du dernier recensement général de 1990. Elles occupent moins de 3 % du territoire national mais représentent près de 43 % de la population. Les résultats ci-après sont tirés de la synthèse nationale des inventaires PRQA réalisés par le CITEPA, les populations sont estimées au 01/01/1994 sur la base des actualisations départementales de l'INSEE.

Emissions comparées de NOx de grandes villes  
anne 1994 (t/km2)



Emissions comparées de NOx de grandes villes  
anne 1994 (kg/hab)





Les annexes 4.F3 à 4.F7 présentent les émissions du secteur résidentiel/tertiaire de la région Centre).

### **D.3 - Emissions du secteur industriel**

En région Centre, les installations industrielles émettrices de polluants atmosphériques sont principalement :

- les usines d'incinération des ordures ménagères (UIOM) pour l'acide chlorhydrique et les poussières,
- les installations de combustion, utilisées pour la production de vapeur ou dans certains procédés (cimenteries, chaufferies collectives, sucreries,...) pour le dioxyde de soufre,
- les installations de compression de gaz pour les oxydes d'azote.
- les industries des secteurs de l'imprimerie, de la pharmacie et de la peinture pour les composés organiques volatils.

Elles rejettent de nombreux polluants dans l'atmosphère dont deux principaux : le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) et les oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>) :

- les rejets en SO<sub>2</sub> ont pour principale origine l'utilisation de combustibles, tel le fioul, ayant une teneur en soufre plus ou moins importante ;
- les émissions de NO<sub>x</sub> sont dues à la production d'énergie par turbine à gaz, l'incinération d'ordures ménagères et le fonctionnement de chaudières.

#### **D.3.1 - Émissions des établissements soumis à la taxe générale sur les activités polluantes**

##### **D.3.1.1 - Critères et cartes de localisation des établissements soumis à la TGAP**

La DRIRE dispose de données sur les rejets industriels à l'atmosphère, notamment par le biais de l'ancienne taxe parafiscale sur la pollution atmosphérique (TPPA) devenue taxe générale sur les activités polluantes (TGAP), à laquelle sont assujetties les «gros émetteurs» suivants :

- installations de combustion d’au moins 20 MW
- UIOM de capacité d’au moins 3 t/h
- installations rejetant au moins 150 t/an de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, HCl ou COV.

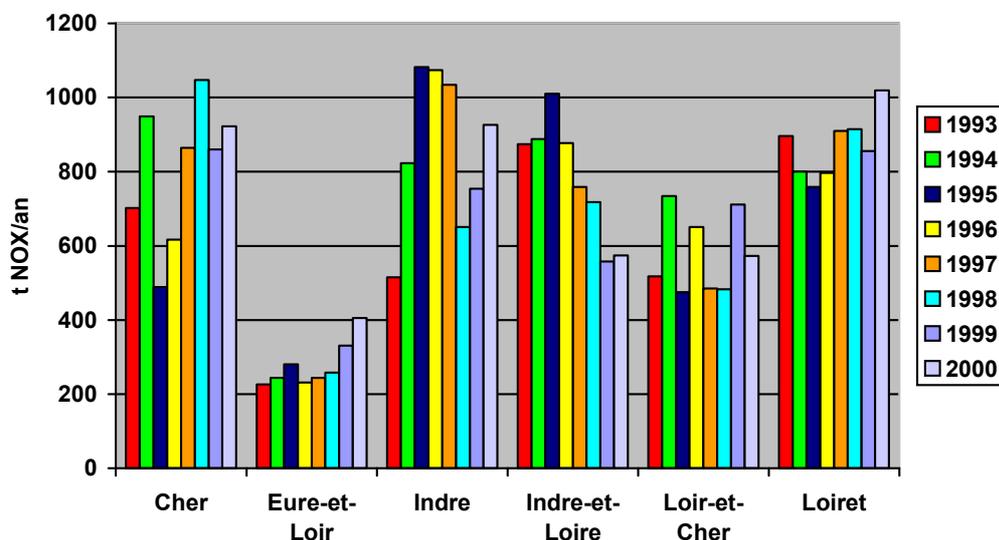
Au titre de la TGAP 2000 (sur les émissions 1999), 89 «gros émetteurs» potentiels de la région ont été interrogés : 69 d’entre eux sont effectivement soumis à la taxe (annexe 4.D1). La quantification de leurs rejets donne une image partielle des émissions de polluants atmosphériques. Les seuils d’assujettissement à la taxe ne permettent pas de la considérer comme une image proche de la réalité des émissions industrielles (notamment pour les COV). De plus certaines activités ont des émissions continues sur l’année (comme les cimenteries, les incinérateurs,...) alors que d’autres sont limitées dans le temps (comme les chaufferies urbaines sur les 5,5 mois de la saison de chauffe ou les 4 sucreries qui fonctionnent sur une campagne principale de 2,5 mois).

Toutefois, la région Centre ne compte qu’une source ponctuelle classée dans les 75 premiers émetteurs en France (25<sup>ème</sup> rang pour le CO<sub>2</sub>).

Les annexes 4 D2 à 4.D6 montrent, pour les 4 polluants, la localisation des établissements assujettis à la TGAP en 1999.

### D.3.2 - Évolution des rejets des «gros émetteurs» de 1993 à 1999

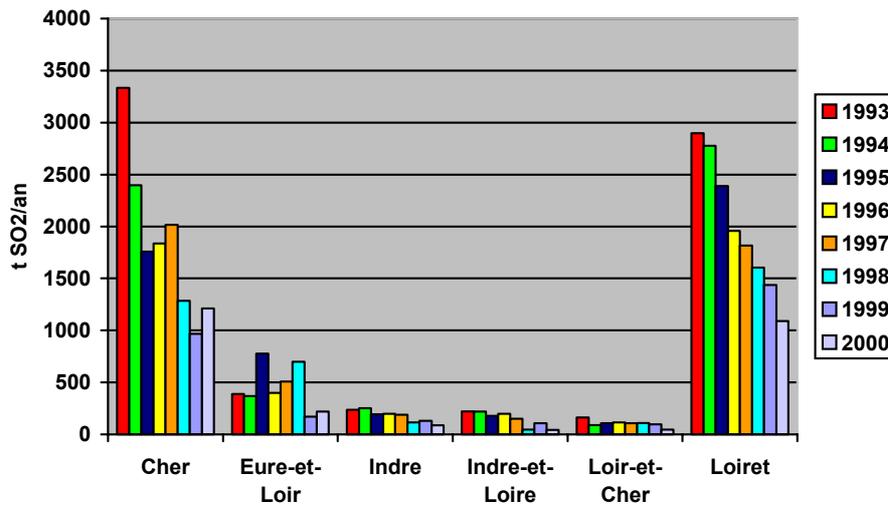
#### Les oxydes d’azote (NO<sub>x</sub>)



On constate une augmentation de 10 % sur la région de 1993 à 1998, cette augmentation est variable d’un département à l’autre la région Centre.

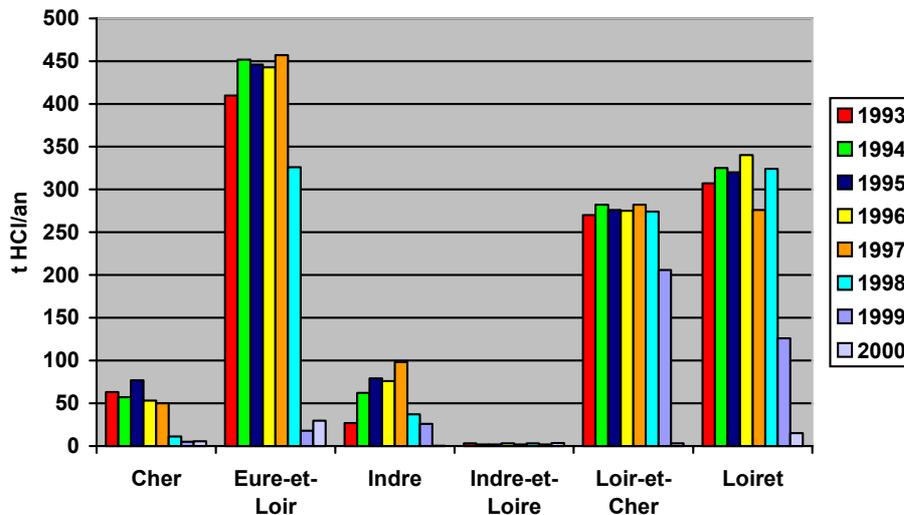
**A noter que le bilan 2000 des rejets de cinq entreprises de la région n’étant pas parvenus au service de l’Etat en charge du dossier, les chiffres 1999 ont été retenus pour lesdites entreprises. Cette remarque vaut pour les 4 polluants pris en compte.**

**Le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>)**



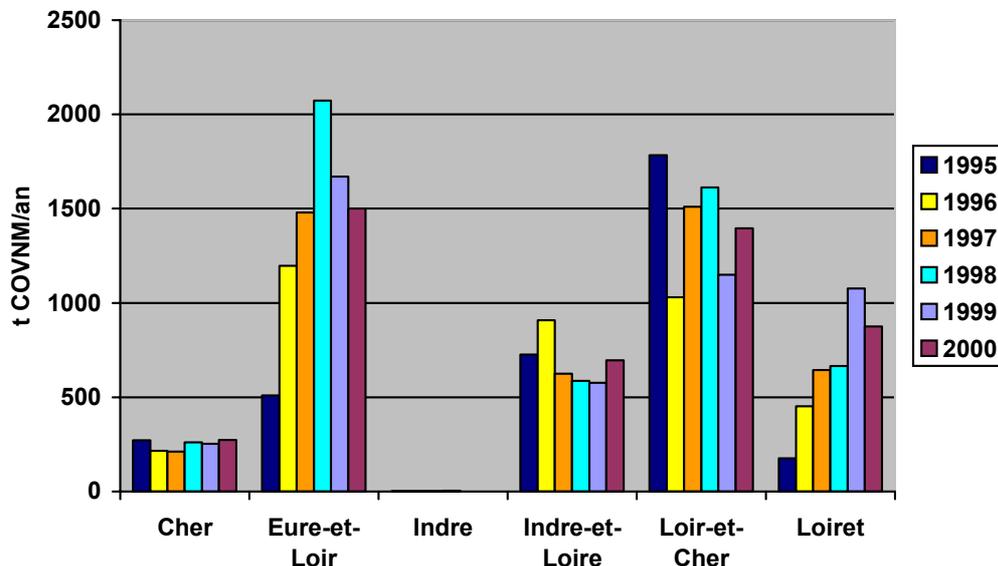
On constate sur les 6 dernières années une baisse de 45 % des émissions de SO<sub>2</sub> pour la région, ce phénomène est avéré notamment pour les départements du Cher et du Loiret qui représentent à eux seul 80 % du total des émissions. La réduction a été très forte du fait de l'utilisation de combustibles moins soufrés (abandon progressif du charbon et utilisation de fiouls lourds à basse teneur en soufre, 0,5 à 1 % au lieu de 2 à 4 %, notamment dans les chaufferies urbaines) et aux efforts consentis dans les cimenteries.

**Autres polluants (HCl) et (COV)**



La réduction de 10 % des rejets de l'acide chlorhydrique (HCl) de 1993 à 1998 provient, après une augmentation des tonnages d'ordures ménagères incinérés dans les UIOM de la région, des

améliorations notables du fonctionnement des systèmes d'épuration des fumées des UIOM qui commencent à produire leur effet. Depuis 1991, l'obligation du respect des valeurs limites très strictes oblige les exploitants à installer des techniques de traitement des rejets sur les UIOM de plus en plus performant. Toutefois les obligations de l'arrêté de janvier 1991 avaient des délais d'application jusqu'en 1998 et les nouvelles unités se sont mises en service en 1996 (Orléans), mi-1998 (Gien), fin 1998 (Chartres), fin 1999 (Blois) et au-delà (Tours).



De 1995 à 1998, les émissions de COV ont augmenté de 50 % du fait notamment de nouveaux établissements assujettis à la taxe parafiscale dans l'Eure-et-Loir et dans le Loiret ; on constate par ailleurs que l'Eure-et-Loir et le Loir-et-Cher représentent une part prépondérante sur l'ensemble des rejets. L'amélioration de la connaissance des industries émettrices depuis que les COV ne sont plus taxés à taux nul explique l'augmentation des émissions taxées, mais celle-ci n'implique pas l'augmentation des émissions de COV totales.

### Dioxines

Les dispositions prises sur les installations existantes (mises aux normes des incinérateurs de Pithiviers, Saint Benoît la Forêt...), la fermeture d'établissements obsolètes (Blois, Chartres, Nogent le Rotrou, Issoudun...) ou encore la construction d'équipements performants (Blois, Chartres...) ont permis de répondre aux préoccupations environnementales et de santé publique que posaient certaines installations d'incinération d'ordures ménagères.

### CH<sub>4</sub>

La région Centre possède très peu d'industries chimiques lourdes susceptibles de générer d'important rejets en méthane mais de nombreuses décharges d'ordures ménagères sont disséminées sur le territoire régional. Leur mise aux normes réglementaires impose, entre autre, la collecte des gaz de fermentation. Seule les sites nouveaux y sont assujettis (autorisation postérieure au 14 juin 1999).

Un bilan des sources potentielles (déposantes supérieures et inférieures à 2000 t/an) a été réalisé. Une cartographie (annexe 4.D9) et un tableau (annexe 4.D10) présentent les résultats de cet inventaire.

### D.3.3 - Émissions de l'ensemble de l'industrie de la région Centre

#### D.3.3.1 - Les sources de données

Le CITEPA a réalisé un inventaire des émissions des principaux polluants atmosphériques (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, COV, CO, CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>) pour chacune des régions de France en 1990 et 1994. Cet inventaire peut présenter quelques approximations pour des régions peu industrialisées, ce qui est le cas de la région Centre. En revanche, il permet à l'aide d'une méthodologie unique de comparer les régions entre elles et dans le temps.

Une étude complémentaire a été réalisée à partir des données 1998 issues de la brochure « les consommations d'énergie dans l'industrie en 1998 » éditée par la Direction Générale des Stratégies Industrielles du Secrétariat à l'Industrie sur environ 1500 PME et P.M.I. (ensemble des établissements producteurs de plus de 20 salariés hors industries agricoles et alimentaires). Les émissions de SO<sub>2</sub> et de NO<sub>x</sub> sont calculées en appliquant aux consommations des coefficients forfaitaires usuels. Cette étude présente l'intérêt de localiser les entreprises susceptibles d'améliorer leurs rejets atmosphériques. Cependant, ces deux études (CITEPA et DGSI) restent complémentaires et permettent d'obtenir une vision plus large des émissions.

### D.3.4 - Consommation énergétique des établissements de plus de 20 salariés hors industries agricoles et alimentaires

Source : l'ensemble des données de ce chapitre est issu de l'ouvrage « les consommations d'énergie dans l'industrie en 1998 » édité par la Direction Générale des Stratégies Industrielles du Secrétariat à l'Industrie.

Si la région Centre se place au 5<sup>ème</sup> rang des régions françaises en termes d'implantations industrielles, on constate que la consommation industrielle d'énergie par salarié est l'une des plus faibles de France, comme l'illustre le tableau a/.

- Tableau a/ la consommation industrielle énergétique en 1998 :

	Nombre d'établissements	Effectifs	Consommation combustibles (kTEP)	Consommation nette (kTEP) *	Consommation nette par personne
<b>Centre</b>	1.485	152.225	467	1.170	7,7
<b>France (métropole)</b>	25.095	2.503.934	23.655	46.540	18,6
<b>%</b>	6	6	2	2,5	-
<b>Rang régional (/22)</b>	5	5	11	12	17

\* La consommation nette représente la somme des consommations de combustibles, de vapeur et d'électricité.

La répartition des consommations d'énergie (combustibles ou énergie nette) par secteur d'activité, illustrée par les tableaux b/ et c/, met en évidence que les secteurs de la sidérurgie et de la chimie organique, qui représentent près du tiers de la consommation nette nationale avec respectivement

18,5 % et 11,5 % sont minoritaires en région Centre avec respectivement 0 % et 2,5 %. L'absence de ces deux secteurs fournit une explication à la faiblesse du ratio de la consommation nette par salarié en région Centre.

A l'inverse, le tableau b/ permet de mettre en lumière le rôle important joué notamment par les secteurs du caoutchouc et de la parachimie/pharmacie dans la consommation régionale de combustibles, ce qui pourra conduire à examiner ces secteurs de plus près en termes de rejets atmosphériques.

- Tableau b./ les 5 principaux secteurs consommateurs de combustibles en région Centre :

Secteur d'activité NCE	Consommation combustibles (kTEP)	Part du secteur au niveau régional (%)	Part du secteur au niveau national (%)
Industrie du papier carton	57	12	7,4
Industrie du caoutchouc	41	9	1,2
Autres matériaux de construction, céramique	35	7,5	3,4
Parachimie, pharmacie	32	7	1,1
Fonderie et travail des métaux	31	7	2,9
<b>Total région Centre</b>	<b>467</b>	<b>100</b>	<b>2</b>

- Tableau c./ les 5 principaux secteurs consommateurs d'énergie en région Centre :

Secteur d'activité NCE	Consommation nette (kTEP)	Part du secteur au niveau régional (%)	Part du secteur au niveau national (%)
Industrie du papier carton	137	12	9,3
Construction électrique et électronique	113	9,5	3,3
Fonderie et travail des métaux	104	9	4,4
Transformation des matières plastiques	99	8,5	2,7
Parachimie, pharmacie	81	7	1,5
<b>Total région Centre</b>	<b>1170</b>	<b>100</b>	<b>2,5</b>

En utilisant les facteurs d'émissions de chaque type de combustibles, les rejets de dioxyde de soufre et d'oxydes d'azote sont évalués dans le tableau d/. Ces chiffres sont à rapprocher de ceux issus de la TPPA (hors chaufferies, installations de compression de gaz, incinération de déchets et agroalimentaire), soit 1 328 t de SO<sub>2</sub> et 2 013 t de NO<sub>x</sub>. Les établissements soumis à la TPPA/TGAP représenteraient ainsi 50 % des rejets industriels de SO<sub>2</sub> et 57 % des rejets de NO<sub>x</sub>.

- Tableau d./ émissions industrielles :

Type d'énergie	Consommation nette (kTEP)	Facteur émission SO <sub>2</sub> (kg/TEP)	Emissions SO <sub>2</sub> (t)	Facteur émission NO <sub>x</sub> (kg/TEP)	Emissions NO <sub>x</sub> (t)
Electricité	700	0	0	0	0
Gaz naturel	303	0	0	7,1	2151
Coke de pétrole	41	20	820	12,6	516
Fioul lourd	38	24	912	7,1	270
Fioul domestique	33	6	198	4,2	139
Butane propane	26	0	0	3	78
Charbon	19	29,4	558	14,7	279
Coke de houille	6	22	132	12,6	76
Vapeur	3	0	0	0	0
<b>Total région</b>	<b>1170</b>		<b>2620</b>		<b>3509</b>

#### D.3.4.1 - Les émissions globales (source CITEPA)

Le rapport de synthèse nationale des inventaires réalisés par le CITEPA évalue les émissions des polluants rejetés en France et en région Centre. Les valeurs en absolu et relatives de l'industrie régionale sont présentées dans le tableau suivant :

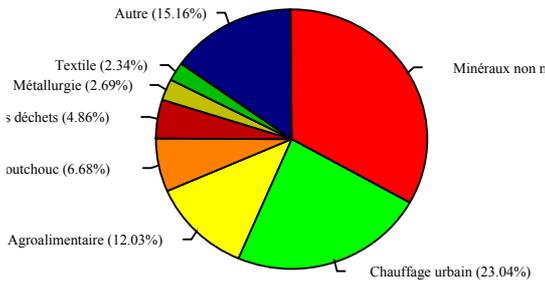
France (1994)	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	COV	CO	CO <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub>
Émissions Totales	1041800 t	1722900 t	2866300 t	9643300 t	417100000 t	751800 t
Émissions Industrie / Émissions Totales	<b>74 %</b>	<b>20 %</b>	<b>26 %</b>	<b>13 %</b>	<b>39 %</b>	<b>4 %</b>
Région Centre (1994)	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	COV	CO	CO <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub>
Émissions Totales	21900 t	93000 t	142600 t	421500 t	15800000 t	32400 t
Émissions Industrie	6200 t	5400 t	29300 t	5000 t	3200000 t	900 t
Émissions Industrie / Émissions Totales	<b>28,5 %</b>	<b>6 %</b>	<b>16 %</b>	<b>1 %</b>	<b>20 %</b>	<b>3 %</b>

Ce tableau montre que l'industrie régionale n'est pas l'émetteur principal des 6 polluants inventoriés. Au plus elle contribue au tiers des émissions de SO<sub>2</sub> et de COV. Cette faible contribution est spécifique à la région. En moyenne, l'industrie française émet 74 % du SO<sub>2</sub> rejeté en France contre 29 % pour l'industrie régionale. Ceci s'explique par la quasi-absence d'industrie lourde (raffineries, centrales thermiques) en région Centre.

Les chiffres du tableau ci-dessus sont approximatifs et ne donnent qu'un ordre de grandeur. Des écarts peuvent provenir de l'application de facteurs d'émissions identiques à toutes les régions, ce qui peut conduire à majorer les régions faiblement industrialisées et à minorer les régions fortement industrialisées.

## SO2 (1994)

Source : inventaire CITEPA-PRQA-Centre



### D.3.5 - Les émissions par secteur industriel

L'étude du CITEPA évalue les émissions de plus d'une centaine de secteurs industriels suivant la nomenclature SNAP/CORINAIR. La répartition en secteurs des principaux émetteurs de l'industrie, du chauffage urbain et du traitement des déchets de NO<sub>x</sub> et de SO<sub>2</sub> sont présentés ici pour la région Centre.

La part «autres» correspond à la dispersion du reste des émissions sur un nombre relativement important de secteurs industriels.

On note l'importance des émissions de SO<sub>2</sub>, et NO<sub>x</sub> (et CO, CO<sub>2</sub>) dues au sous-secteur «minéraux non métalliques» (cimenterie, céramique).

A noter que selon le CITEPA, les émissions industrielles de COV proviennent en particulier des sous-secteurs de la «construction», de «l'imprimerie», du «plastique caoutchouc» et des «matériels de transport».

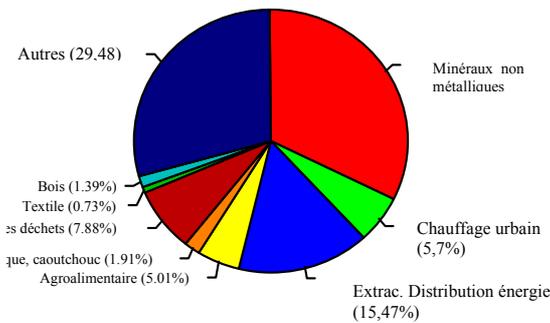
Les émissions industrielles de NH<sub>3</sub> proviennent quant à elles majoritairement de la «chimie».

### D.3.6 - Conclusion - Perspectives

L'industrie française a considérablement réduit ses émissions de polluants atmosphériques ces 15 dernières années. Elle émettait 3 Mt/an de SO<sub>2</sub> et 1,6 Mt/an de NO<sub>x</sub> en 1980. Elle n'émettait plus en 1993 que 1 Mt/an de SO<sub>2</sub> et 1,4 Mt/an de NO<sub>x</sub>.

## NOx (1994)

Source : inventaire CITEPA-PRQA-Centre



Néanmoins, sensibilité environnementale oblige, les pays européens affichent une fermeté accrue en matière de pollution atmosphérique. La France s'est ainsi engagée à ramener ses émissions de SO<sub>2</sub> à 700 000 t à l'horizon 2010 et ses émissions de NO<sub>x</sub> à 1,2 Mt en 1998 lors des protocoles d'Oslo en 1994 et de Sofia en 1988 qui font suite à la convention de Genève de 1979. Pour atteindre ces objectifs les réglementations européennes et françaises se durcissent notamment celles concernant les émissions des installations de combustion. Elles conduiront les industriels à utiliser des combustibles plus propres (fuel très basse teneur en soufre, gaz), à modifier leurs procédés (four bas NO<sub>x</sub>) ou à mieux épurer leurs fumées.

## **D.4 - Emissions du secteur agricole**

Nous nous contenterons dans l'immédiat d'évoquer les principales substances considérées comme cause de pollutions au travers de l'analyse de divers travaux et études bibliographiques.

### **D.4.1 - L'ammoniac**

#### **Généralités**

Les émissions d'ammoniac, de protoxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) et oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>) résultent des processus biologiques de nitrification/dénitrification dans le cycle de l'azote. Pour les activités agricoles, elles sont liées à l'utilisation d'intrants azotés par la fertilisation sous forme d'engrais minéraux (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) ou résultent de la minéralisation des déjections animales (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>).

Les émissions d'ammoniac (NH<sub>3</sub>) d'origine agricole sont donc liées :

- à l'élevage,
- aux engrais azotés minéraux.

#### **Rejets agricoles**

L'étude du Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique (CITEPA) en France en 1985 indique que 90 % du NH<sub>3</sub> atmosphérique provient de l'agriculture (dont 4/5 ayant pour origine l'élevage et 1/5 les engrais minéraux).

Une autre étude CITEPA « inventaire d'émission d'azote dans l'atmosphère dans le cadre du PRQA région Centre 1994 » indique que le secteur agricole représenterait la quasi-totalité des émissions soit 97 %. Le CITEPA estime que 4 % des émissions nationales proviennent de la région Centre avec 32500 tonnes/an. La méthode d'analyse consiste à multiplier les cheptels par un coefficient, comme indice de la cause présumée.

Les résultats de cette étude sont cependant à valider. Il est proposé de mettre en place un groupe de travail au sein du PRQA afin de redéfinir les méthodes d'évaluation à retenir en cohérence avec les travaux déjà réalisés dans d'autres régions comme la Bretagne (par exemple par le Cemagref) et les normes retenues par les communautés scientifiques internationales.

D'autres études ont montré que l'ammoniac émis vers l'atmosphère retombe en partie (50 %) à proximité du lieu d'émission (Allemand 1991) retenu par les feuillages, les sols ou les eaux de surface. L'autre partie peut parcourir de longues distances avant de retomber sous diverses formes.

### **D.4.2 - Les phytosanitaires**

Il est actuellement très difficile de quantifier et qualifier les émissions de produits phytopharmaceutiques dans l'air. Dans la suite de ce paragraphe, nous l'expliquerons en donnant l'état des lieux des connaissances en la matière et l'avancement des recherches, les paramètres qui sont à prendre en compte pour bien comprendre le phénomène. Enfin, nous présenterons un tableau des différentes substances actives susceptibles a priori d'être émises dans l'atmosphère (cf. C.6.3.1).

### Etat des lieux des connaissances

De nombreux contacts et références bibliographiques nous ont permis d'identifier un certain nombre d'équipes travaillant sur le sujet ainsi que l'état d'avancement de leurs études.

Le tableau suivant présente un état des lieux pour les organismes contactés :

Organismes	Thèmes étudiés	Etat d'avancement des travaux
<b>DRAF-FREDEC Bretagne</b>	Mesures des pesticides dans les eaux de pluie – début de travail sur l'air	Etat des lieux
<b>DRAF-FREDEC Midi-Pyrénées</b>	Mesures des pesticides dans les eaux de pluie	Etat des lieux
<b>DRAF-FREDEC Centre</b>	Mesures des pesticides dans les eaux de pluie – travail sur l'air en projet	Etat des lieux
<b>Ecole Nationale de la Santé Publique de Rennes</b>	Thèses en cours sur la pluie et sur l'air	Recherche – un postdoc réalisé
<b>CEMAGREF Rennes</b>	Général (dérive et volatilisation)	Recherche
<b>CEMAGREF Montpellier</b>	Travaux sur le matériel de pulvérisation pour réduire les émissions	

On peut constater que certaines équipes travaillent sur l'air, d'autres sur les pluies et d'autres sur les deux.

Il existe très probablement des relations entre la nature et les concentrations des molécules présentes dans l'air et dans la pluie. Cependant, il ne s'agit pas de relations simples, car de nombreux facteurs interviennent. Une substance présente dans l'air est plus ou moins lessivée par la pluie selon sa solubilité. Une substance présente dans la pluie peut provenir d'un lessivage de l'atmosphère, mais aussi d'une contamination des nuages. Ainsi, les substances mises en évidence dans la pluie existaient dans l'air mais à des proportions différentes. Et on ne retrouve pas dans la pluie toutes les molécules présentes dans l'air.

De plus, les suivis des concentrations de substances phytopharmaceutiques dans les eaux de pluie menés par les DRAF et les FREDEC, notamment en région Centre, indiquent la présence de molécules de propriétés différentes et de fortes variations de concentrations au cours de l'année dans les eaux de pluie.

Tous les travaux en la matière et à notre connaissance sont en cours d'études. Il apparaît qu'il n'existe pas de modèle prédictif permettant de déduire le type de substance active et les quantités que l'on peut rencontrer dans l'atmosphère.

#### Paramètres à prendre en compte

La présence de produits phytopharmaceutiques dans l'atmosphère aurait trois origines :

- la dérive,
- la volatilisation
- et l'érosion éolienne.

Celles-ci seraient conditionnées par plusieurs types de facteurs interagissant :

- le mode de pulvérisation,
- les propriétés intrinsèques à la molécule
- les conditions météorologiques
- les caractéristiques de la surface réceptrice (sol ou végétation) du produit phytopharmaceutiques.

La dérive serait influencée plus particulièrement par le mode de pulvérisation, les conditions météorologiques et les propriétés de la molécule, la volatilisation par les propriétés de la molécule, les conditions météorologiques et le type de surface. Quant à l'érosion éolienne, peu étudiée dans l'ensemble, seul le mode de pulvérisation semble ne pas interférer.

Au regard de ces hypothèses, il semblerait que, pour évaluer quantitativement et qualitativement les émissions de produits phytopharmaceutiques dans l'atmosphère, il faille trois modèles (un pour chaque origine) ou mieux, un modèle en trois modules.

Le tableau qui suit précise les paramètres dont il faudra tenir compte dans ce (ou ces) modèle(s) :

<b>Facteurs influençant dérive, volatilisation et érosion éolienne</b>	<b>Paramètres</b>	<b>Précisions</b>
<b>Conditions météorologiques</b>	température pluviosité hygrométrie vent (force et sens) rayonnement, ...	Perturbations atmosphériques et pouvoir évaporant de l'air
<b>Mode de pulvérisation</b>	orientation des jets hauteur de pulvérisation pression de pulvérisation type de buses ...	taille des gouttelettes facilité de dérive modalités d'incorporation dans le sol
<b>Propriétés des molécules</b>	dose d'apport constante de Henry (pression de vapeur saturante et solubilité) demi-vie de dégradation en phases solide, liquide et vapeur (dans le sol, sur le feuillage, dans l'eau et l'atmosphère) Coefficient d'adsorption Coefficient de désorption Coefficient de diffusion des pesticides dans l'air Enthalpie de vaporisation	biodégradation, photolyse ou hydrolyse  ou Koc
<b>Caractéristiques de surface</b>	type de sol (climat du sol, teneur en matière organique, pourcentage d'argile, état de surface...) caractéristiques de surface du feuillage	Humidité, température

Il existe des données sur quelques-unes des propriétés des substances actives<sup>13</sup> (notamment : solubilité dans l'eau, pression de vapeur, constante de Henry, Koc, demi-vie...). Cependant, un classement de ces substances, en fonction d'un seul de ces paramètres pris indépendamment des autres, ne permettrait pas d'évaluer la quantité de substance que l'on retrouverait potentiellement dans l'air. Il nous faudrait là aussi un modèle qui combinerait les paramètres les plus judicieux.

Commentaire :

Peu de travaux sont réalisés sur les émissions de produits phytopharmaceutiques dans l'atmosphère. Des études sont en cours mais elles n'ont pas encore donné suffisamment d'éléments pour nous permettre de quantifier et qualifier les molécules que l'on peut retrouver dans l'atmosphère. Il serait utile de contribuer à l'avancement de ces travaux en partenariat avec d'autres organismes.

#### Liste des substances actives susceptibles d'être rencontrées dans l'air

Le tableau suivant présente une liste de substances actives susceptibles d'être retrouvées dans l'air. Cette liste a été établie à partir de trois critères (cf. C.7.3.2) : présence observée dans les eaux de pluie, quantités utilisées en région Centre et particularité au niveau des propriétés de la substance active.

Ce tableau donne pour chaque substance active, les cultures et surfaces totales concernées, les quantités utilisées, ainsi que la dose par hectare, tout ceci pour la région Centre. Ces données ont été obtenues pour la campagne 1996/97 et correspondent à une extrapolation d'un sondage réalisé sur un échantillon représentatif de distributeurs de la région. Les sources d'information utilisées figurent en annexe n° 11.

Figurent aussi dans ce tableau, quatre propriétés importantes pour le phénomène étudié : la demi-vie, le Koc, la constante de Henry et la pression de vapeur. Ces données ont été obtenues à partir de l'ouvrage déjà cité en bas de page.

(Ce tableau est présenté en annexe n° 12)

### D.4.3 - Les émissions de polluants dues à certaines pratiques agricoles

#### D.4.3.1 - Le brûlage des résidus des cultures

Cette pratique concerne principalement la céréaliculture. Elle est réputée permettre un assainissement du sol et assurer une meilleure transition vers la culture suivante, notamment s'il s'agit du colza. Elle évite l'enfouissement des pailles.

En région Centre, le brûlage des chaumes est principalement observable dans le département du Cher, où la surface concernée en 1999 était évaluée à 20 000 ha. Toutefois, le recours au brûlage serait en régression.

La combustion de débris végétaux émet des fumées porteuses de particules fines (moins de 10 µm), et de composés organiques volatils, accompagnées d'émissions d'oxyde de carbone et d'oxyde d'azote. Ces composés ainsi aéroportés, sont tous classés à risque pour la santé publique. Une étude épidémiologique<sup>14</sup> réalisée au Canada, à Winnipeg, au moment du brûlage des pailles et chaumes au voisinage de cette ville du Manitoba, a mis en évidence l'augmentation des paramètres de pollution atmosphérique susvisée, et leur incidence sur la santé des populations sensibles.

13 : E. DABENE, F. MARIE, C. SMITH. Substances actives phytosanitaires \_ Guide de lecture et recueil de fiches synthétiques – Caractéristiques utiles pour l'évaluation du comportement de quelques substances actives dans l'environnement – document de travail- DERF - août 1995

14 : Respiratory symptoms in a susceptible population due to burning of agriculture residue - Université du Manitoba (faculté de médecine) 1998

A noter que dans le cadre de la lutte contre la pollution des eaux par les nitrates, le brûlage des chaumes doit être évité et l'enfouissement des chaumes pratiqué : cette disposition figure dans les arrêtés préfectoraux relatifs aux pratiques agricoles dans les zones vulnérables nitrates.

Une reconnaissance de l'importance de ce brûlage est à prévoir ainsi que des mesures de pollution atmosphérique dans les secteurs où cette pratique demeure notable (par exemple en Champagne berrichonne du Cher). Les mesures pourront porter sur l'accroissement des teneurs en fines particules ( $<10 \mu\text{m}$ ), oxyde de carbone, oxyde d'azote et composés organiques volatils. L'association LIG'AIR pourra contribuer à ces mesures.

#### D.4.3.2 - Utilisation du Bromure de Méthyle

Ce gaz est utilisé dans la désinfection des sols. Il est employé principalement dans les exploitations de pépinières, horticulture ou maraîchère, donc sur des surfaces limitées. En région Centre ce sont entre 120 et 150 ha de terre qui sont traités annuellement pour des cultures de plein air et environ 3000 m<sup>3</sup> de serre sont concernés également par ce traitement, 80 % de ces surfaces sont traitées entre les mois de mai et septembre et principalement en période estivale.

Si toutes les précautions d'emploi sont respectées, il ne devrait pas y avoir de conséquences pour le milieu et les utilisateurs.

Cependant, il est utile de rappeler que le bromure de méthyle est un gaz toxique, inodore à basse concentration ; les préparations commerciales destinées au traitement des végétaux sont additionnées d'un produit avertisseur, l'acétate d'amyle, qui dégage à la moindre fuite une odeur de bonbon anglais.

Ce solvant puissant pour les composés organiques, notamment pour le caoutchouc naturel, n'est ni inflammable ni explosif dans les conditions normales d'emploi.

L'action du bromure de méthyle sur les hommes et les autres mammifères est fonction des doses auxquelles ils sont soumis.

A noter que, molécule de la famille des halogénés, le bromure de méthyle a été inscrit en novembre 1992 au protocole de Montréal comme substance contribuant au phénomène d'appauvrissement de la couche d'ozone. Dans le cadre de ce protocole et du règlement communautaire N° 3093/94/CE visant la restriction des utilisations de bromure de méthyle, la France s'est engagée à réduire par étapes ses utilisations pour arrêter définitivement au 01.01.2005.

#### **D.4.4 - Les autres polluants**

- **Le méthane (CH<sub>4</sub>)** : il est émis par les ruminants et est suspecté de contribuer à l'augmentation de l'effet de serre.
- **Le protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O)** : il est également classé parmi les gaz à effet de serre.

## D.5 - Emissions du secteur tertiaire et résidentiel

Les sources fixes se composent des établissements industriels mais également d'un secteur a priori plus diffus que constituent les activités tertiaires (bureaux, commerces, administrations,...) et résidentielles (habitat individuel et collectif).

### D.5.1 - Les chiffres clés

#### D.5.1.1 - Le secteur résidentiel (habitat)

Les caractéristiques des types d'habitat et des modes de chauffage associés, au niveau régional sont issues d'études réalisées par le CEREN, principalement sur la base des recensements INSEE 1990.

L'énergie est utilisée dans les logements à quatre niveaux : le chauffage, l'eau chaude sanitaire (ECS), la cuisson et les usages standards de l'électricité (éclairage, électroménager).

Les deux premiers représentent plus des trois quarts de l'énergie consommée dans un logement.

L'habitat individuel est majoritaire : il représente les trois quarts des logements de la région :

	Avant 1975	%	1975- 1981	%	1982- 1990	%	1990- 1997(*)	%	Total	%
Collectif	197 300	30	42 500	28	20 200	22	31 500	40	291 500	30
Individuel	447 600	70	107 400	72	89 900	78	46 724	60	691 624	70
<b>Total</b>	<b>644 900</b>	<b>100</b>	<b>149 900</b>	<b>100</b>	<b>110100</b>	<b>100</b>	<b>78 224</b>	<b>100</b>	<b>983 124</b>	<b>100</b>
Flux annuel nouveaux logements		/	21 410 logts/an		12 230 logts/an		9 780 logts/an		/	/

(\*) : Statistiques logements commencés (DDE/DRE Centre ; tableau de bord SICLONE 1998)

Les modes de chauffage des **maisons individuelles** de la région ont fortement évolué depuis 25 ans : l'électricité est devenue majoritairement utilisée dans les maisons neuves, principalement au détriment du fioul domestique.

Energie de chauffage des maisons individuelles	1975		1975 - 1981		1982 - 1987	
	Avec chauffage central	Sans chauffage central (*)	Avec chauffage central	Sans chauffage central (*)	Avec chauffage central	Sans chauffage central (*)
Electricité	18 %	23 %	48 %	23 %	68 %	23 %
Fioul	43 %	14 %	22 %	14 %	5 %	14 %
Gaz naturel ou GPL	31 %	2 %	27 %	2 %	22 %	2 %
Bois	8 %	61 %	3 %	61 %	5 %	61 %

(\*) : Les pourcentages sont ceux de l'ensemble du parc de maisons individuelles construites avant 1988

Depuis 1988, la tendance reste au bénéfice de l'électricité et du gaz naturel.

La tendance observée pour les maisons individuelles se retrouve pour **les logements collectifs**. Toutefois, le gaz naturel reste fortement utilisé alors que la part du chauffage urbain se réduit.

Energie de chauffage des logements collectifs	1975		1981		1987	
	Avec chauffage central	Sans chauffage central	Avec chauffage central	Sans chauffage central	Avec chauffage central	Sans chauffage central
Electricité	20 %	43 %	24 %	43 %	53 %	43 %
Fioul	22 %	15 %	10 %	15 %	2 %	15 %
Gaz naturel ou GPL	50 %	16 %	55 %	16 %	40 %	16 %
Chauffage urbain	18 %	26 %	11 %	26 %	5 %	26 %

En 1990, la répartition globale des modes de logement et de chauffage des ménages de la région était la suivante [1] :

	IMMEUBLES				Maisons individuelles		Totaux	
	Chauffage collectif		Chauffage individuel		Nombre de ménages en 1990	tendance entre 1975 et 1990	Nombre de ménages en 1990	tendance entre 1975 et 1990
	Nombre de ménages en 1990	tendance entre 1975 et 1990	Nombre de ménages en 1990	tendance entre 1975 et 1990				
<b>En logements avec chauffage central dont chauffés à :</b>	<b>128 600</b>	<b>- 3 %</b>	<b>116 900</b>	<b>+ 180 %</b>	<b>507 300</b>	<b>+105 %</b>	<b>752 800</b>	<b>+ 78 %</b>
Electricité	/		<b>38 600</b>	<b>+ 2000 %</b>	<b>163 700</b>	<b>+ 1825 %</b>	<b>202 300</b>	<b>+ 1845 %</b>
Gaz naturel	<b>52 500</b>	<b>+ 161 %</b>	<b>66 700</b>	<b>+ 149 %</b>	<b>118 700</b>	<b>+ 169 %</b>	<b>237 900</b>	<b>+ 161 %</b>
Fioul	38 000	- 56 %	6 300	+ 16 %	<b>164 900</b>	+ 4 %	<b>209 200</b>	- 17 %
GPL	/		3 200	+ 255 %	26 400	+ 200 %	29 600	+ 205 %
Charbon	3 100	- 66 %	400	- 94 %	5 500	- 64 %	9 000	- 71 %
Bois	/		1 700	+ 180 %	28 100	+ 134 %	29 800	+ 136 %
Chauffage urbain	35 000	+ 103 %	/		/		35 000	+ 103 %
<b>En logements sans chauffage central</b>	<b>/</b>	<b>/</b>	<b>15 000</b>	<b>- 34 %</b>	<b>142 000</b>	<b>- 29 %</b>	<b>157 000</b>	<b>- 30 %</b>
<b>TOTAUX</b>	<b>128 600</b>	<b>-3 %</b>	<b>131 900</b>		<b>649 300</b>		<b>909 800</b>	

Les tendances 1975 – 1990 peuvent être résumées ainsi :

- Développement du chauffage individuel dans les immeubles au détriment des chaufferies centrales au fioul, remplacées par l'équipement des appartements au gaz naturel (chaudières murales par logement) ou par l'utilisation de l'électricité (radiateurs individuels par pièce). Hormis la hausse des prix du fioul en 1979-1985, on peut y voir également la volonté de développer l'individualisation des frais de chauffage et la réduction des risques de non-paiement des charges.
- Développement du réseau de gaz naturel dans les villes où sont situés ces immeubles.
- Explosion de l'utilisation du chauffage électrique pour les maisons individuelles (+ 1 825 %) du fait d'un coût d'investissement initial plus faible que le gaz ou le fioul et de la tendance à l'éloignement des zones pavillonnaires par rapport aux centres villes mieux équipés en réseau de gaz naturel.

- Baisse du nombre de logements non équipés d'un chauffage central.

La consommation d'énergie du secteur résidentiel en région Centre a été évaluée en 1990 à 2 463 700 TEP (tonnes d'équivalent pétrole), soit près de 40 % de la consommation d'énergie de la région.

Elle est répartie de la façon suivante :

	Electricité	Gaz naturel	Fioul domestique	G.P.L.	Charbon	Bois	Chauffage urbain
<b>TEP</b>	1 000 500	371 500	464 800	98 300	31 500	424 900	72 200
<b>%</b>	41 %	15 %	19 %	4 %	1 %	17 %	3 %

### IMPORTANT :

L'équivalence énergétique retenue pour l'électricité est de 0,222 tep d'énergie dite « primaire » pour 1 000 kWh. Ces 0,222 tep correspondent au combustible nécessaire à une centrale thermique classique (fioul ou charbon) pour fabriquer ces 1 000 kWh. Cette convention est appliquée également aux kWh produits par les centrales nucléaires.

De ce fait, pour un même besoin de chauffage, la quantité d'énergie «primaire» nécessaire est plus importante lorsqu'il est fourni par de l'électricité que lorsqu'il est fourni par un combustible classique (gaz, fioul ou charbon) :

Exemple : pour chauffer un pavillon de 110 m<sup>2</sup>, les besoins sont estimés à 10 000 kWh.

Si le pavillon utilise l'électricité pour le chauffage, l'énergie primaire consommée est de :  
10 000 kWh x 0,222 / 1000 = 2,22 tep.

Si le pavillon est chauffé par le gaz ou le fioul, l'énergie consommée est de :

$$\frac{10\,000 \text{ kWh}}{\rho} \times \frac{1}{11\,600 \text{ kWh / tep}} \approx 1 \text{ tep} ,$$

avec  $\rho$  = rendement de la chaudière (environ 85 %), et

11 600 kWh/tep est le pouvoir calorifique en kWh d'une tonne de pétrole (ou de fioul ou de gaz).

Pour un même besoin d'énergie, l'impact sur les statistiques de consommation d'énergie est environ 2,2 fois plus élevé pour l'électricité que pour un combustible.

En 1997, 80 % de l'électricité consommée en France a été produite par des centrales nucléaires. L'hydraulique (barrages) représente 10 %. Le thermique «classique», principalement issu des centrales fonctionnant au charbon (EdF et GdF) représente 10 % en moyenne sur l'année.

Toutefois, si un besoin en électricité en été (ex : la climatisation d'un bureau) peut être fourni à 100 % par une production nucléaire ou hydraulique (donc sans émission de polluant tels que CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> et SO<sub>2</sub>), un besoin supplémentaire de chauffage (un pavillon en hiver) n'est couvert que partiellement par ces centrales nucléaires ou l'hydraulique (environ 50 %). Dans ce cas, la part résiduelle du thermique classique (charbon) va générer une émission de polluant dans les régions où sont situées les centrales au charbon.

Si de tels équipements existaient dans la région Centre, les émissions seraient comptabilisées dans le secteur industrie (sous secteur production et distribution d'énergie).

Les équipements de production d'électricité de la région, reliés au réseau EDF sont majoritairement : soit hydrauliques (Eguzon) soit nucléaires (Belleville, Dampierre, St Laurent et Chinon).

Les seuls équipements de production thermique régionaux sont

- des installations de cogénération (électricité + chaleur) dans les entreprises industrielles et les centrales de chauffage urbain,
- des installations de production autonomes (groupes électrogènes pour tarif effacement jours de pointe – EJP) dans des entreprises,
- des unités de traitement des déchets ménagers (UIOM). Hormis ce dernier type d'installation et dans certaines centrales de chauffage urbain, l'électricité produite a pour vocation d'être auto-consommée par le producteur.

L'électricité consommée dans les secteurs résidentiel et tertiaire pour les usages spécifiques (éclairage, électroménager...) ou pour les usages thermiques (chauffage des logements, de l'eau chaude sanitaire) ne génère pas d'émissions polluantes dans la région Centre. En effet les centrales thermiques utilisant du charbon ou du fioul ne sont présentes que dans les régions limitrophes ou au-delà. Le développement de l'utilisation de l'électricité en hiver, au détriment des combustibles, même s'il présente l'avantage de permettre une réduction locale de la pollution, entraîne au niveau des régions qui accueillent les centrales thermiques à combustible, une augmentation des émissions de polluants.

Les émissions (en tonnes/an) du secteur résidentiel de l'année 1994, évaluées par le CITEPA<sup>15</sup> en 1997, sont intégrées à celles du tertiaire et détaillées par arrondissement ; toutefois le CITEPA propose une répartition en % entre les deux origines :

Secteur	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	COV NM	CO	NH <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>
Résidentiel	50 %	75 %	91 %	99 %	/	77 %
Tertiaire	50 %	25 %	9 %	1 %	/	23 %

Les résultats de cette étude, **pour le secteur résidentiel**, peuvent se synthétiser en ratios d'émissions par habitant. Les valeurs obtenues sont :

Région Centre	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	COV NM	CO	NH <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>
Résidentiel (tonnes/an)	2 078	2 510	13 844	69 538	/	3 630 000
Résidentiel (kg/habitant)	0,88	1,06	5,84	29,33	/	1 530,88

Les études relatives aux modes de logement et aux systèmes de chauffage, issues du recensement 1999, ne pourront pas être disponibles avant octobre 2000. Aussi l'état des lieux est réalisé sur la base des études antérieures.

Toutefois, l'INSEE peut d'ores et déjà mettre en évidence quelques évolutions entre 1990 et 1999 :

- Croissance de la population de la région Centre de 2.8 % en 9 ans (2 437 369 hab. en 1999 au lieu de 2 371 036 hab. en 1990), soit 0,3 % par an,

<sup>15</sup> CITEPA : inventaires d'émissions dans l'atmosphère dans le cadre des PRQA - région Centre ; rapport final d'octobre 1997 / convention n° 14/96

- diminution du nombre moyen de personnes par logement,
- diminution du nombre de résidences secondaires, - 10 % (les actifs, devenus retraités en font leur résidence principale ?),
- un taux de logements vacants plus élevé que la moyenne française,
- tassement de "l'exode" rural.

Ces évolutions ont tendance à faire augmenter la consommation d'énergie du secteur résidentiel et, par conséquent, les émissions de polluants à l'atmosphère dès lors qu'un combustible est brûlé pour satisfaire les besoins de chauffage.

#### D.5.1.2 - Le secteur tertiaire

Le secteur tertiaire peut être représenté par 8 familles d'usagers (hors armée) <sup>16</sup>

Situation en 1992	Cafés Hôtel Restaur.	Bâtiments communautaires	Santé	Enseignement	Sport	Bureaux	Commerces	Transports	Total
Surfaces chauffées (10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup> )	1 335	2 503	<b>2 865</b>	<b>5 216</b>	1 390	<b>5 270</b>	<b>7 491</b>	990	<b>27 061</b>
Part en région Centre (%)	4,9	<b>9,3</b>	10,6	19,3	5,1	19,5	<b>27,7</b>	3,7	<b>100</b>
Part en France (%)	<b>6,9</b>	6,6	11,8	21,3	5	20,7	24,9	2,9	<b>100</b>

#### Répartition des surfaces chauffées en région Centre par mode de chauffage (en milliers de m<sup>2</sup> ☺)

Electricité	378	650	264	464	413	<b>1 279</b>	<b>1 106</b>	207	<b>4 762</b>
Gaz naturel	316	936	1 239	<b>2 617</b>	493	<b>2 553</b>	<b>4 610</b>	400	<b>13 164</b>
Fioul domestique	485	808	1 169	<b>1 480</b>	422	1 031	<b>1 712</b>	347	<b>7 453</b>
Autres combustibles	157	109	193	<b>655</b>	63	<b>406</b>	63	36	<b>1 682</b>

#### Répartition des consommations en GWh :

Electricité	208	176	195	153	161	<b>743</b>	<b>812</b>	118	<b>2 567</b>
Gaz naturel	130	210	276	373	203	<b>536</b>	<b>826</b>	104	<b>2 657</b>
Fioul domestique	138	184	<b>339</b>	243	131	238	<b>314</b>	144	<b>1 731</b>
Autres combustibles	66	21	49	<b>109</b>	12	<b>88</b>	41	13	<b>400</b>
Total (MWh)	541	592	859	878	508	<b>1 605</b>	<b>1 992</b>	379	<b>7 354</b>

La surface chauffée en région Centre (27 061 000 m<sup>2</sup>) représente 4 % de la surface «France entière». Elle est comparable à celles des régions Lorraine (3,9 %) et Midi Pyrénées (4,1 %). La surface chauffée a augmenté de 10,5 % entre 1986 et 1992.

L'effectif salarié du tertiaire s'élève à 502 639 personnes, soit 3,9 % de l'effectif «France entière».

L'énergie consommée (à climat standard) est de 7 354 GWh, soit 4,1 % de la consommation «France entière». Cette consommation, rapportée à la surface chauffée est de l'ordre de **270 kWh/m<sup>2</sup>**.

<sup>16</sup> CEREN (Etude n°4205 de juin 1995 : régionalisation des surfaces chauffées du secteur tertiaire en 1992).

A titre de comparaison, un pavillon de 110 m<sup>2</sup> occupé par 5 personnes consomme environ entre 150 et 200 kWh/m<sup>2</sup> pour l'ensemble de ses besoins (chauffage, ECS, éclairage, cuisine, électroménager, télé...).

La répartition par type d'énergie :

	Région Centre		France entière	
	GWh	%	GWh	%
<b>Electricité</b>	2 567	35	66 545	37
<b>Gaz naturel</b>	2 657	36	52 549	29
<b>Fioul domestique</b>	1 731	24	46 368	26
<b>Autres énergies</b>	400	5	14 721	8
<b>Totaux</b>	7 354	100	180 183	100

La part du gaz naturel est, en région Centre, plus élevée que la moyenne «France entière».

Les émissions (en tonnes/an) du secteur tertiaire de l'année 1994, évaluées par le CITEPA<sup>17</sup> en 1997, sont intégrées à celles du résidentiel (habitat) et détaillées par arrondissement, toutefois le CITEPA propose une répartition en % entre les deux origines :

	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	COV NM	CO	NH <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>
<b>Résidentiel</b>	50 %	75 %	91 %	99 %	/	77 %
<b>Tertiaire</b>	50 %	25 %	9 %	1 %	/	23 %

Les résultats de cette étude, **pour le secteur tertiaire**, peuvent se synthétiser en ratios d'émissions par habitant. Les valeurs obtenues sont :

Région Centre	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	COV NM	CO	NH <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>
<b>Tertiaire (tonnes/an)</b>	2 078	836	1369	703	/	1 084 000
<b>Tertiaire (kg/habitant)</b>	0,88	0,35	0,58	0,30	/	457,18

17 CITEPA : inventaires d'émissions dans l'atmosphère dans le cadre des PRQA - région Centre ; rapport final d'octobre 1997 / convention n°14/96

D.5.1.3 - Synthèse des secteurs « résidentiels et tertiaires »

Région Centre	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	COV NM	CO	NH <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>
<b>Tertiaire (tonnes/an)</b>	2 078	836	1369	703	/	1 084 000
<b>Résidentiel (tonnes/an)</b>	2 078	2 510	13 844	69 538	/	3 630 000
<b>Total en tonnes /an</b>	4 156	3 346	15 213	70 241	/	4 714 000
<b>Total en kg/habitant</b>	1,75	1,4	6,4	29,6	/	1 988
<b>Part du résidentiel - tertiaire dans les émissions totales régionales</b>	19 %	3,6 %	10,6 %	16,7 %	0	29,5 %

**Remarque importante :**

Même si la part des émissions du secteur résidentiel - tertiaire peut apparaître comme minoritaire dans le total des émissions régionales, il faut rappeler que la majorité des émissions est liée aux besoins de chauffage qui sont effectifs 6 mois par an (octobre à avril).

Compte tenu du climat régional, la moitié des émissions de ces polluants ont lieu pendant le quart de l'année (les 3 mois les plus froids : décembre + janvier + février).

(Voir cartographie des émissions du secteur résidentiel tertiaire en annexes 4.F2 à 4.F7)

**D.5.2 - Les enjeux**D.5.2.1 - L'origine des polluants :

L'origine des polluants émis par le secteur tertiaire diffère peu de celle du résidentiel. Elle peut être synthétisée comme suit :

**SO<sub>2</sub> :** Les composés soufrés sont issus de la combustion des produits pétroliers contenant du soufre. En 1994, date de l'inventaire CITEPA, le taux de soufre maximum dans le fioul domestique (FOD), principal combustible responsable des émissions de SO<sub>2</sub> du secteur résidentiel, était de 0,2 % en poids (2 g de soufre par kg de fuel).

A titre de comparaison, le taux de soufre maximum dans le gasoil, produit "jumeau" du FOD, est de 0,05 % (0,5 g/kg) depuis octobre 1996.

**NO<sub>x</sub>** : Les oxydes d'azote se forment lors de la combustion : l'azote de l'air de combustion se combine à l'oxygène au niveau des flammes. La formation d'oxydes d'azote est favorisée par une température de flamme élevée. Tous les combustibles sont responsables de la formation des émissions d'oxydes d'azote lors de leur combustion : gaz naturel, fioul domestique, gaz de pétrole liquéfiés (butane et propane), charbon, bois. La réglementation relative aux émissions d'oxydes d'azote est basée sur des émissions maximums (en mg/Nm<sup>3</sup> de fumées) pour les chaufferies importantes ou en g/kWh pour les chaudières plus modestes (chaudières de moins de 1 MW pour les immeubles d'habitation collective ou de moins de 100 kW, pour les maisons individuelles).

**CO** : Le monoxyde de carbone est émis lors de la combustion "incomplète" du carbone contenu dans un combustible. Il est donc issu, pour le secteur "résidentiel", des usages de chauffage (habitation et eau chaude sanitaire) et de la cuisson des aliments. En milieu confiné ou avec une ventilation insuffisante, le CO, inodore et plus lourd que l'air, peut atteindre des concentrations toxiques ou mortelles pour l'homme. Émis dans l'atmosphère extérieure, il aura tendance à se transformer en CO<sub>2</sub>, par combinaison avec l'oxygène de l'air.

**CO<sub>2</sub>** : Le dioxyde de carbone est le résultat de la combustion complète du carbone contenu dans un combustible (gaz, fioul, bois, charbon...).

#### D.5.2.2 - Les facteurs d'émission des polluants "classiques" :

**SO<sub>2</sub>** : Pour les émissions des chaudières utilisées dans le chauffage de locaux, les facteurs d'émission de SO<sub>2</sub> sont directement liés à la teneur en soufre des combustibles utilisés.

	<b>Fioul lourd (entre 0,5 % et 4 % selon le type : TBTS à ordinaire)</b>	<b>Fioul domestique à 0,2 % de soufre</b>	<b>Gaz naturel 0 % de soufre</b>	<b>Gaz de pétrole liquéfié (S &lt; 0,005 %)</b>	<b>Charbon en teneur entre 0,5 % et 3 %, selon l'origine)</b>	<b>Bois 0 % de soufre</b>
Facteur d'émission en g/kWh	entre 0,8 et 6,8	0,34	0	< 0,0077	entre 1,3 et 7,7	0

**NO<sub>x</sub>** : Les émissions d'oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>) des systèmes de chauffage par combustion dépendent plus de la technologie du brûleur que du combustible utilisé.

<b>Emissions de NO<sub>x</sub> en fonction du combustible et de l'année</b>	1969 Dans "La pollution atmosphérique" (Dunod 1969) émissions de chaudières	1990 CITEPA, chaudières de faible puissance ; facteur d'émission moyen français en 1988	1993 – 1994 Essais ADEME - CETIAT (chaudières à bûches)	<b>1997 Norme Europe : 4 classes définies ; la classe 4 est environ deux fois moins polluante que la classe 1</b>	1999 <i>Catalogue d'un fabricant de brûleurs bas NO<sub>x</sub> (P &gt; 200 kW)</i>
	g/kWh	g/kWh	g/kWh	g/kWh	g/kWh
fiouls	0,6	0,16		<b>0,12 à 0,25</b>	0,2
gaz naturel	0,8	0,16		<b>0,10 à 0,26</b>	0,06
bois			0,25 à 0,5		
charbon	0,5	0,16		/	.

**CO** : Le taux de CO est d'autant plus élevé que l'excès d'air de combustion est limité. Toutefois, un réglage élevé de l'excès d'air a une influence négative sur le rendement et par conséquent sur la consommation d'énergie.

Emissions de CO en fonction du combustible et de l'année	1993 - 1994	1997	1999
	Essais ADEME - CETIAT (chaudières à bûches)	Norme Europe : 4 classes définies ; la classe 4 est environ deux fois moins polluante que la classe 1	Catalogue CUENOD fabricant de brûleurs bas NO <sub>x</sub> (P > 200 kW)
	g/kWh	g/kWh	g/kWh
fiouls		0,06 à 0,11	0,1
gaz naturel		0,10	0,06
bois	10 (tirage assisté) à 130 (tirage naturel)		
charbon		/	.

**CO<sub>2</sub>** : Les émissions de CO<sub>2</sub>, rapportées à l'énergie fournie lors de la combustion, sont liées à la proportion de carbone dans le combustible. Le charbon est presque exclusivement composé de carbone. A l'opposé, le gaz naturel (méthane : CH<sub>4</sub>) est un hydrocarbure à forte teneur en hydrogène.

Combustible	Grammes de CO <sub>2</sub> par kWh d'énergie fournie	Tonnes de CO <sub>2</sub> par TEP
Charbon	350	4,12
Fioul Lourd	280	3,04
Fioul domestique	270	3,04
Gaz naturel	200	2,39
Bois	0 (*)	0 (*)

(\*) : La valeur "0" attribuée aux émissions de CO<sub>2</sub> du bois est conventionnelle : 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 comme équilibré et les émissions nulles (source : Commissariat général au plan : 3 scénarios énergétiques pour la France).

L'électricité consommée dans le secteur résidentiel pour les usages spécifiques (éclairage, électroménager...) ou pour les usages thermiques (chauffage des logements, de l'eau chaude sanitaire) ne génère pas d'émissions polluantes dans la région Centre. En effet les centrales thermiques utilisant du charbon ou du fioul ne sont présentes que dans les régions limitrophes ou au-delà.

Le développement de l'utilisation de l'électricité au détriment des combustibles, même s'il présente l'avantage de permettre une réduction locale de la pollution, entraîne au niveau des régions qui accueillent les centrales thermiques à combustible, une augmentation des émissions de polluants, dès lors que ce développement nécessite leur utilisation accrue. A titre de comparaison, les émissions de CO<sub>2</sub> de ces centrales électriques sont présentées dans le tableau suivant 18 :

Energie utilisée par la centrale électrique	Charbon	Fioul	Gaz par cycle combiné	Co-génération Gaz	UIOM	Nucléaire	Eolien	Hydraulique
Emissions de CO <sub>2</sub> en grammes par kWh électrique produit	915	676	404	230 à 380	860 à 1548	0	0	0

18 ADEME Service Economie - JP Tabet juin 1999

### D.5.2.3 - Les facteurs qui influent sur les émissions du secteur "résidentiel et tertiaire" :

- **La température extérieure** : elle influe directement sur l'énergie consommée pour le chauffage ou la climatisation : la moitié de l'énergie de chauffage est regroupée sur les trois mois d'hiver les plus froids (décembre + janvier + février).

- **La qualité des combustibles** : la teneur en soufre des fiouls et notamment du fioul domestique est aujourd'hui légalement inférieure à 0,2 %. La réduction de cette teneur légale est de la responsabilité de l'Etat, suite à la prise en compte de directives européennes, le cas échéant.

- **Le type de combustible ou d'énergie utilisé :**

Le réseau de gaz naturel est actuellement présent dans la majorité des villes de la région. Son extension est maintenant liée à des notions de "rentabilité". Des plans départementaux d'extension des réseaux sont cependant déjà en cours.

Lors de l'aménagement d'un quartier ou d'une zone d'habitats collectifs et de surfaces tertiaires, la présence ou la programmation d'un réseau de chaleur peut amener à réduire les émissions globales : meilleur contrôle (personnels qualifiés et brûleurs bas NO<sub>x</sub> disponibles) et meilleure diffusion (hauteur de cheminée élevée) des émissions d'une chaufferie de taille importante par rapport à une multitude de petites chaufferies.

- **La (ou les) technologie (s) de chauffage utilisée (s)** : Les émissions de polluants sont fonction des différentes technologies utilisées pour le chauffage, la climatisation et la production d'eau chaude sanitaire (ECS) : les technologies qui utilisent des combustibles (chaudière) émettent sur le site d'utilisation plus de polluants que les systèmes électriques (émetteurs électriques, pompes à chaleur, ballons ECS électriques chauffés la nuit).

L'utilisation de l'énergie solaire (architecture bio-climatique, utilisation de capteurs solaires pour contribuer au chauffage des bâtiments et/ou de l'eau chaude sanitaire), permet de réduire les consommations et par conséquent les émissions de polluants.

- **La qualité thermique du bâtiment** : un pavillon d'habitation construit en 1960 nécessite deux à trois fois plus d'énergie qu'un autre de même surface construit en 1999. La mise en œuvre de l'isolation thermique a permis de réduire les besoins énergétiques. Outre l'aspect économique, par la diminution des factures de chauffage, on observe corrélativement une diminution de la pollution atmosphérique associée. La réglementation actuelle régissant les normes d'isolation des logements date de 1988 ; de nouvelles règles sont en cours d'élaboration (prévues pour 2000) : elles prendront notamment en compte le confort thermique d'été et porteront les exigences dans le non résidentiel (bureaux, commerces...) à la hauteur de celles dans l'habitat.

- **L'âge de l'équipement de chauffage** : alors que les chaudières de plus de 20 ans avaient un rendement qui dépassait rarement 80 %, les matériels mis actuellement sur le marché ont des rendements qui peuvent dépasser 90 %. De même, à la suite des réglementations visant à réduire les émissions de polluants, des brûleurs bas NO<sub>x</sub> ont été mis sur le marché, à la fois pour des équipements "individuels" (chaudières de pavillon) et pour des équipements de taille plus importante (chaudières pour le chauffage de logements collectifs ou de bâtiments tertiaires).

- **L'équipement de régulation et/ou programmation** : La réduction des consommations d'énergie par une bonne adéquation aux besoins (on chauffe lorsque cela est nécessaire et à la température juste suffisante) a également un impact favorable sur les émissions de polluants.

- **Le comportement et les habitudes de vie** : Le niveau de température demandé pour des personnes âgées est en général plus élevé que celui accepté par les plus jeunes. Un degré de température en plus génère une croissance de la consommation de chauffage de 7 %. Le niveau de vie est en général en corrélation avec la consommation d'énergie de chauffage (taille de l'habitation, capacité financière...).

#### **Conclusion :**

D'une façon générale, l'ensemble des actions menées en vue de maîtriser ces consommations d'énergie a une conséquence favorable sur la réduction des émissions de polluants.

#### D.5.2.4 - Les modes d'actions en vue de réduire les émissions du résidentiel tertiaire :

On peut classer en quatre thèmes les modes d'actions visant à réduire les émissions de polluants.

**1 - Les normes et règlements** : leur établissement relève en général du domaine législatif. Ils régissent la qualité minimum des énergies (taux de soufre...), des matériels (rendements minima des chaudières, émissions maxi de NO<sub>x</sub>...) des bâtiments (qualité thermique et acoustique des bâtiments...).

**2 - Les choix de l'aménageur** : Dans le cadre d'une construction ou d'une réhabilitation d'un quartier, les choix retenus par l'aménageur ou le promoteur immobilier vont avoir un impact sur les émissions de polluants : création ou extension d'un réseau de chaleur, création ou renforcement du réseau de gaz naturel, du réseau électrique, individualisation des systèmes de chauffage, de climatisation, type d'énergies utilisables, ...

**3 - Les choix du maître d'ouvrage** : Une fois les types d'énergie disponibles du fait de l'aménageur (promoteur, lotisseur, commune...), le maître d'ouvrage de construction neuve est à même de demander au constructeur un logement qualifié "aux normes" du point de vue des consommations d'énergie. Il est susceptible également d'exiger un dépassement de cette réglementation minimale (vers les labels hautes performances énergétiques 3 ou 4 étoiles ou le label Vivrelec pour le chauffage électrique) dans le but de réduire encore sa facture et par conséquent ses émissions de polluants. L'intégration de technologies solaires (plancher solaire direct ou eau chaude sanitaire solaire) est également de la responsabilité du maître d'ouvrage. Par ailleurs, les travaux d'amélioration thermique des logements sont actuellement encouragés par les déductions fiscales pour les logements de plus de 15 ans.

**4 - Choix de l'utilisateur** : L'utilisateur, propriétaire ou locataire du logement a la capacité de réaliser des travaux visant à réduire les consommations d'énergie de chauffage (régulation...). Les règles relatives aux déductions fiscales sont également applicables aux locataires. De même, les habitudes et les comportements peuvent influencer sur les consommations d'énergie : ventilation, habillage, T° de confort...

**D.6 - Emissions des sources mobiles (transports)**

(source : CITEPA, INRETS, CERTU, URF, ADEME, DRAST, DAEI, DRE, SITRAM)

**D.6.1 - Enjeux et chiffres clés au plan national**

Les résultats en matière d'émissions de polluants par les transports montrent l'écrasante part du transport routier qui constitue, pour le NO<sub>x</sub>, le CO et le COVNM, la principale source en France, et par ailleurs une source significative en ce qui concerne le CO<sub>2</sub> et à un degré moindre le SO<sub>2</sub>. (cf. tableau ci-après extrait d'une étude de 1990 ADEME - METL - CEDIT sur l'impact des transports sur la consommation énergétique et la pollution atmosphérique).

**Inventaire des émissions de 8 polluants dans l'atmosphère****Émissions du transport par mode 1990 (kt)**

(les valeurs entre parenthèses indiquent la part relative de chaque mode)

Polluants	Routier	Ferroviaire	Fluvial	Maritime	Aérien	Total	% émissions totales
SO <sub>2</sub>	145,3 (93,7)	1,9 (1,2)	1,5 (1,0)	5,3 (3,4)	1,0 (0,6)	155,0	12,0%
NO <sub>x</sub>	1037,8 (95,3)	11,4 (1,0)	3,5 (0,3)	27,7 (2,5)	8,7 (0,8)	1089,1	68,6%
COVNM	1169,8 (98,5)	2,3 (0,2)	0,5 (0,0)	1,3 (0,1)	13,3 (1,1)	1187,1	41,5%
CH <sub>4</sub>	22,3 (97,4)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0,6 (2,6)	22,9	0,6%
CO	6812,2 (99,4)	5,7 (0,1)	2,0 (0,0)	3,8 (0,1)	29,4 (0,4)	6853,0	62,9%
CO <sub>2</sub>	97444 (96,2)	1022 (1,0)	293 (0,3)	1484 (1,5)	1014 (1,0)	101257	21,1%
N <sub>2</sub> O	3,8 (91,4)	0,03 (0,8)	0 (0)	0,04 (1,0)	0,28 (6,7)	4,2	2,0%
NH <sub>3</sub>	0,8 (100)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0,8	0,1%

Source : CITEPA-CORINAIR-COPERT

Nota :

1 - Les émissions du transport routier sont estimées à partir du modèle COPERT (COmputer Programme to Estimate Road Traffic emissions).

2 - Les estimations d'émissions des autres modes, compte tenu du caractère relativement marginal de leur contribution au bilan global, n'ont pas fait l'objet d'un examen aussi attentif que pour le transport routier et doivent donc être considérées avec une certaine prudence.

3 - L'incertitude accompagnant les estimations dépend des substances considérées. Sans pouvoir précisément chiffrer cette incertitude, elle est estimée à quelques % pour les émissions de SO<sub>2</sub> et de CO<sub>2</sub> et atteint probablement 50 % pour les émissions de COV, de N<sub>2</sub>O et de NH<sub>3</sub>.

**Les consommations par moyen de transport** (Source : CEREN)

moyens de transport	super-carburants (kt)	gazole (kt)	GPL (kt)	Gaz (GWh PCS)	FOD (kt)	Électricité (GWh)	Total (kTEP)
Route	709,1	1145,7	0,9	0,0	0,0	0,0	<b>1889,8</b>
Rail	0,0	0,0	0,0	0,0	21,1	494,9	<b>130,9</b>
Navigation							<b>Non connu</b>
Aviation							<b>Non connu</b>

Une étude du CITEPA de 1996 (à partir de chiffres de 1993) confirme ces faits, estimant que le transport routier est à l'origine de 68 % des émissions de NO<sub>x</sub>, 60 % de CO, 46 % de COV, 41 % de particules en suspension, de 28 % de CO<sub>2</sub> et de 14 % de SO<sub>2</sub>.

Plus récemment, l'annexe à la circulaire du 17 août 1998 précise (source CITEPA 1994) :

- que les transports (routiers et les autres) sont à l'origine des émissions de NO<sub>x</sub> (59 % et 6 %), de CO, de COVNM (35 % et 3 %), de particules, de SO<sub>2</sub> (15 % et 5 %) ;
- que les NO<sub>x</sub> et les COV, qui contribuent à la formation de l'ozone, peuvent être transportés par le vent sur plusieurs centaines de kilomètres, ce qui a deux conséquences pratiques importantes : d'une part, les concentrations d'ozone importantes ne sont pas nécessairement mesurées sur le lieu d'émission des polluants (centres des agglomérations), mais parfois jusqu'à plusieurs dizaines de kilomètres de là, dans des zones rurales, et d'autre part, des efforts importants de réduction des pollutions dans une zone donnée peuvent ne pas suffire à supprimer totalement la possibilité de nouveaux pics d'ozone dans cette zone ;
- que des inventaires locaux fins des émissions, voire l'utilisation de modèles de diffusion de la pollution atmosphérique, peuvent permettre de mieux comprendre l'origine des pollutions dans chaque département.

**D.6.2 - La pollution atmosphérique due aux transports routiers****D.6.2.1 - Les émissions de gaz d'échappement des véhicules : description du phénomène**

Les gaz d'échappement des véhicules comportent de nombreux produits provenant de la combustion des carburants (hydrocarbures) en présence d'air. Les principaux sont le monoxyde de carbone (CO), les hydrocarbures imbrûlés, les oxydes d'azote (monoxyde NO et dioxyde NO<sub>2</sub> réunis sous le sigle NO<sub>x</sub>), les suies ou particules, et, dans une moindre mesure, le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>). Du fait de leur prépondérance dans les gaz d'échappement, ces produits constituent des indicateurs traditionnels d'émissions des véhicules et de pollution de l'air ambiant.

L'ozone (O<sub>3</sub>) n'est pas directement émis par les véhicules : il est formé, lorsque certaines conditions météorologiques sont réunies par des réactions complexes d'oxydations photochimiques de composés oxygénés en présence de NO<sub>x</sub>.

Le CO résulte d'une combustion incomplète (en raison d'un dosage trop riche en carburant ou d'un moteur froid) : les progrès de la carburation, puis la disparition progressive des carburateurs au

profit de l'injection ont permis d'améliorer la précision du dosage et de réduire les émissions de CO des moteurs à essence dans des proportions spectaculaires.

Les hydrocarbures imbrûlés (produits très divers, souvent instables et sujets à des réactions chimiques entre eux) sont désignés par les sigles COV (composés organiques volatils), HC ou encore COVNM ou HCNM (hydrocarbures non méthaniques, le méthane étant considéré comme stable et non toxique). Ils résultent d'une combustion incomplète.

Les NO<sub>x</sub> (monoxyde NO et dioxyde NO<sub>2</sub>) résultent de l'oxydation de l'azote par l'oxygène lors de la combustion.

Les particules résultent de la solidification (cokéfaction), sous l'effet de la température, des gouttes de gazole non vaporisées.

Le SO<sub>2</sub> résulte de la présence (résiduelle) de soufre dans le gazole.

Le plomb est en voie de disparition.

Par rapport aux moteurs à essence, les moteurs diesels fonctionnent :

- en excès d'oxygène, et par conséquent émettent peu de CO (presque tout le CO est transformé en CO<sub>2</sub>) et une grande quantité d'oxygène (ce qui interdit pour le moment le traitement des NO<sub>x</sub> par catalyse) ;
- à haute température, et par conséquent émettent plus de NO<sub>x</sub> et de particules (les sens de variation des particules et des NO<sub>x</sub> sont opposés) ;
- à combustion plus complète : ils consomment moins de carburant et émettent moins d'hydrocarbures ;
- au gazole : ils émettent des composés soufrés dus à la présence (résiduelle) de soufre dans le gazole. Toutefois la teneur en soufre du gazole diminue régulièrement. La composition des gaz d'échappement est l'objet, au niveau de l'union européenne, d'une réglementation de plus en plus exigeante qui a été tout à la fois inspirée et rendue possible par les progrès techniques des moteurs et des carburants.

#### D.6.2.2 - Valeur des émissions unitaires

il existe différents niveaux de mesure :

- Le respect de la norme est vérifié sur un véhicule neuf parfaitement maîtrisé, moteur chaud sur un cycle type. Les valeurs limites "de réception" concernent un véhicule de série particulièrement "soigné" alors que les valeurs limites "de production", valeurs plus élevées, s'appliquent à des véhicules pris aléatoirement en fin de chaîne de montage et tiennent compte d'une certaine dispersion des performances.
- Les émissions unitaires en circulation sont plus diversifiées et plus complexes puisqu'elles sont fonction de la réalité des circulations du parc et des comportements.

Pour les besoins d'études de modélisation représentatives des émissions, des cycles en condition de circulation réelle ont été mis au point par l'INRETS au plan français, consolidés au niveau européen

par le groupe de travail MODEM. Les émissions unitaires réelles sont influencées par différents paramètres :

- \* propres au véhicule : le type (VP, VUL, PL, 2R), l'âge, le carburant, la cylindrée, le réglage.
- \* propres à son utilisation : la vitesse moyenne, le taux d'accélération, la température du moteur et le pot catalytique.
- \* extérieurs : température, pression, altitude, topographie.

Elles dépendent, bien sûr, des conditions de charges pour les véhicules utilitaires légers et les poids lourds.

Les premières conclusions d'une étude CERTU signalent que :

- \* la pollution est minimale aux vitesses moyennes.
- \* moteur chaud, la catalyse réduit dans des conditions importantes les émissions réglementées des véhicules à essence.
- \* les catalyseurs perdent de leur efficacité à froid.
- \* les particules sont uniquement émises par les diesels.
- \* le véhicule diesel est le moins sensible à la température du moteur.
- \* les changements de rythme, et notamment les accélérations, engendrent systématiquement une pollution supplémentaire.
- \* un bon réglage réduit les émissions de polluants.

L'étude CERTU de 1996 donne, à titre indicatif, un tableau récapitulatif des émissions moyennes suivant le type de machine.

Valeur des émissions moyennes	CO (g/km)	NO <sub>x</sub> (g/km)	COV (g/km)	Particules (g/km)	Consommation (g/km)
VP non catalysé	20	2,7	2,4	0	64
VP catalysé	1	0,6	0,1	0	65
VP diesel	0,7	0,66	0,15	0,31	58
PL 3.5 à 16t	19	8,7	2,8	0,9	227 (27,51/100km)
PL > 16t	19	16,2	5,8	1,6	366 (44,41/100km)
VUL à essence	30	3	3,6	0	120
VUL diesel	2	1,6	0,4	0,25	106
2 roues < 50cm <sup>3</sup>	10	0,05	6	0	18
2 roues > 50 cm <sup>3</sup> 2tps	22	0,08	15	0	30
2 roues > 50 cm <sup>3</sup> 4 tps	20	0,3	3	0	38

*NOTA : les chiffres donnés pour les véhicules utilitaires et les poids lourds sont à prendre avec prudence compte tenu du peu de données existantes. En outre ils correspondent à une circulation urbaine, donc plus pénalisante que la circulation rurale ou sur autoroute.*

### D.6.2.3 - Conclusion sur la situation actuelle en matière de pollution automobile

Les véhicules automobiles et les poids lourds sont donc responsables de l'essentiel de la pollution due aux transports mais des progrès très sensibles ont été accomplis pour réduire les émissions de nombreux polluants (plomb, monoxyde de carbone, hydrocarbures, particules) et stabiliser les émissions d'oxydes d'azote. Ces progrès compensent - et au-delà - la croissance du trafic.

Il n'en est pas de même pour la consommation d'énergie qui a continué de croître (+ 7 % de 1990 à 1995) et avec elle la production du déchet ultime, que constitue le CO<sub>2</sub> principal gaz à effet de serre. Les effets du CO<sub>2</sub> sont surtout sensibles au niveau planétaire, il n'en est pas moins nécessaire de chercher à en limiter les émissions.

La pollution est proportionnellement plus importante pour les petits trajets (< à 6 km), en site congestionné (vitesse < à 20 km/h) ou au contraire à vitesse élevée (pour les émissions de NO<sub>x</sub>). Ces éléments doivent être pris en compte dans les politiques d'organisation des déplacements.

On sait par ailleurs que les personnes les plus exposées sont les automobilistes eux-mêmes : l'usage accru de l'automobile dans les déplacements fait croître la durée d'exposition quotidienne au risque de pollution pour un nombre croissant de citadins.

### D.6.3 - Les évolutions prévisibles

Les évolutions de la qualité de l'air sont très fortement liées aux évolutions des émissions unitaires (les véhicules s'améliorent), aux modifications de l'usage de l'automobile (évolution des conditions de circulation et de la longueur des trajets), à l'accroissement du parc et à la progression rapide de la diésélisation du parc VP.

#### D.6.3.1 - Évolution dans le domaine des carburants

Le programme européen Auto-oil prévoit, à partir de l'an 2000 (accord de conciliation du 30 juin 1998 du conseil de l'union européenne et du parlement européen) :

- l'interdiction de la commercialisation de l'essence au plomb dans l'UE (dérogation possible jusqu'en 2005 pour un état qui démontrerait des conséquences socio-économiques graves)
- la limitation de la teneur en soufre maximale de 150 ppm pour l'essence sans plomb et de 350 ppm pour le diesel contre 500 ppm actuellement pour ces deux carburants (en 2005, la teneur en soufre devra passer à 50 ppm pour tous les carburants).

Par ailleurs la teneur en benzène limitée à 5 % sera ramenée à 2 % en 2000.

#### D.6.3.2 - Évolution des trafics

Les modèles classiques prévoient des évolutions globales constantes et assez fortes du trafic (cf. tableaux ci-après). Localement, l'évolution des villes (péri urbanisation) et de la mobilité conduisent à augmenter la pollution dans des zones périphériques jusqu'alors épargnées et à la concentrer sur des axes ou des territoires très circulés, surtout si ceux-ci sont congestionnés.

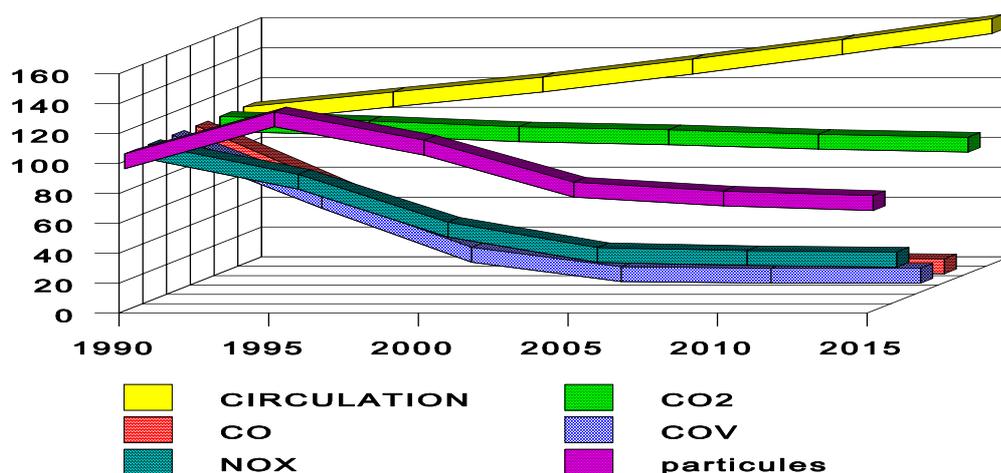
### **Évaluation des circulations par type de véhicules en France**

(scénario médian: le prix moyen des carburants augmente de 23 % entre 1992 et 2015)

CIRCULATIONS	scénario médian				augmentation de circulation		
	milliards de ven-km	1990	1995	2000	2010	2000/1995	2010/1995
VP total	341	373	408	489	35	116	43%
VP essence	257	225	226	269	1	44	5%
VUL essence	26	17	17	22	-1	4	-18%
VUL total	66	76	87	115	11	39	74%
VP gazole	84	148	182	220	34	72	162%
VUL gazole	40	59	71	93	12	35	134%
PL gazole	29	31	34	41	3	10	43%
Tous véhicules	436	480	530	645	49	165	48%

Source : travaux du groupe énergie 2010-2020 du CGP

### Transport et pollution de l'air : une question controversée.



### - Évolution des indices de circulation et de performances de véhicules utilisés dans le cadre de l'exercice d'évaluation du SNADT :

	1990	1995	2000	2005	2010	2015
<b>Indice de circulation (base véhicules km)</b>	<b>100</b>	<b>110</b>	<b>120</b>	<b>132</b>	<b>145</b>	<b>159</b>
émissions moyennes du parc base g/km)						
CO <sub>2</sub>	100	97	93	91	88	86
CO	100	57	24	13	12	11
COV	100	61	25	12	11	11
NO <sub>x</sub>	100	80	48	31	29	28
particules	100	128	109	81	75	72

Source DRAST/SES/DAEI/MELTT

Les principaux chiffres cités par les experts nationaux en matière de projection de la demande de transport à l'horizon 2015 figurent dans le tableau ci-dessous :

<b>Parts modales des transports de voyageurs</b>			
<b>Mode de transport</b>	<b>1971</b>	<b>1992</b>	<b>2015</b>
Route	71 %	78 %	79,5 %
..... dont autoroutes concédées	.....7 %	.....23 %	.....33 %
Ferroviaire	28 %	19 %	16,5 %
Aérien	1 %	3 %	4 %
<b>Parts modales des transports de marchandises</b>			
Route	51 %	75 %	81 %
Ferroviaire	41 %	22 %	17 %
Fluvial	8 %	3 %	2 %

Ces mêmes experts pensent que les politiques de transport n'ont qu'un impact modéré sur la demande mais que cette dernière est par contre très sensible à la croissance économique, que personne ne souhaite vraiment voir se ralentir.

Les projections 2015 sont résumées dans le tableau ci-dessous :

<b>En nombre de voyageurs-kilomètres</b>						
<b>Mode de transport</b>	<b>Scénario médian (milliards de voyageurs-km)</b>	<b>Hypothèses alternatives (écart en milliards de voyageurs-km par rapport au scénario médian)</b>				<b>Offres hautes</b>
		<b>Croissance</b>		<b>Politique de régulation</b>		
		<b>faible</b>	<b>forte</b>	<b>«libérale»</b>	<b>«volontariste»</b>	
Route	388	-27	21	9	-10	5
..... dont autoroutes concédées	.....160	.....-16	.....13	.....6	.....-6	.....5
Ferroviaire	80	-3,2	2,4	3	-3	6
Aérien	19	-2,8	2,3	3	-1	-2
<b>TOTAL</b>	<b>487</b>	<b>-33</b>	<b>26</b>	<b>15</b>	<b>-13</b>	<b>9</b>
<b>En tonnes-kilomètres</b>						
Route	280,0	-41	63	21	-25	7
Ferroviaire	57,5	-7,9	9,1	-5,5	6,1	-4
Fluvial	8,3	-1,7	1,8	-1,0	1,1	0
<b>TOTAL</b>	<b>345,8</b>	<b>-50</b>	<b>74</b>	<b>15</b>	<b>-18</b>	<b>2</b>

D.6.3.3 - Évolutions technologiques envisageables

A court terme on peut citer :

- le pot catalytique trois voies et l'utilisation de mélange pauvre pour les moteurs essence
- le catalyseur d'oxydation, la recirculation des gaz d'échappement, les pièges à particules et l'injection directe pour les moteurs diesel
- le canister (équipement permettant de piéger les vapeurs d'HC), l'utilisation de G.P.L., de GNV
- l'emploi de carburants oxygénés (alcools et éthers, huiles et esters)
- le développement de la voiture électrique.

A long terme :

- le développement d'une voiture non polyvalente et spécifique "urbaine"
- la mise au point du moteur à hydrogène.

D.6.3.4 - Évolution des normes d'émissions d'échappement des véhicules

A court terme la pollution par les particules risque de continuer de croître à cause de la diésélisation du parc et malgré la sévérisation des normes (baisse environ par 2 des émissions tolérées pour les véhicules particuliers et les utilisateurs légers avec la norme EURO96). Une incertitude demeure à moyen terme car les techniques actuelles d'oxydation des particules et de réduction des oxydes d'azote se heurtent aujourd'hui à des verrous technologiques de l'avis même des industriels.

**Normes européennes à l'émission pour l'homologation des véhicules neufs  
(Mesures sur bancs et cycles d'essais normalisés)**

Type de véhicules	Rejets de NO <sub>x</sub> + HC	Rejets de CO	Rejets de particules
<b>Véhicules particuliers</b> masse < 2,5 t moins de 7 places	(01/01/93) 1,13 g/km (01/01/97) diesel : 0,8 g/km essence : 0,6 g/km	(01/01/93) 3,16 g/km (01/01/97) diesel : 1,2 g/km essence : 2,2 g/km	(01/01/93) 0,18 g/km (01/01/97) diesel : 0,08 g/km
<b>Véhicules utilitaires légers</b> masse < 2,5 t	(01/10/94) 0,97 g/km (< 1,25 t) > 1,4 g/km (> 1,7 t) 1,7 g/km (> 1,7 t)	(01/10/94) 2,72 g/km 5,17 g/km 6,9 g/km	(01/10/94) 0,14 g/km 0,19 g/km 0,25 g/km
<b>Poids lourds</b>	(01/10/93) 8 (NO <sub>x</sub> ) 1,1 (HC) g/kWh (01/01/97) 7 (NO <sub>x</sub> ) 1,1 (HC) g/kWh	(01/10/93) 4,5 g/kWh (01/01/97) 4g/kWh	(01/10/93) 0,36 g/kWh (01/01/97) 0,15 g/kWh
<b>2 roues</b>	(01/01/96) 3 g/km	(01/01/96) 6 g/km	-
<b>3 roues</b>	(01/01/96) 1,2 g/km	-	-

#### D.6.3.5 - Évolution des politiques de déplacement

Cette évolution est déjà affirmée par divers textes spécifiques, réglementaires ou non, en application du livre II, titre II du Code de l'environnement. Par ailleurs d'autres textes plus généraux en préparation devraient intégrer ces nouvelles politiques de déplacement. Les plans de déplacements urbains (PDU) sont obligatoires dans les agglomérations de plus de 100 000 habitants et fortement conseillés ailleurs. Courant 1998, le ministre des transports a présenté les nouvelles priorités de l'État en matière de transports : "le système de transports intérieurs doit satisfaire les besoins de mobilité :

- dans les conditions économiques, sociales et environnementales les plus avantageuses pour la collectivité,
- dans les conditions propres à contribuer au développement durable du territoire,
- dans le respect des principes de limitation ou de réduction des risques, nuisances, émissions polluantes et gaz à effet de serre".

Il est ainsi conseillé d'avoir une approche intermodale des transports, de tirer le meilleur parti des réseaux existants, de limiter les nuisances sur l'environnement naturel et urbain, de prévenir les risques inhérents à chacun des modes, de rééquilibrer les transports en faveur des transports collectifs et du fret ferroviaire.

En outre la loi pour l'aménagement durable du territoire en préparation préconise l'élaboration de schémas de services collectifs dont un concerne les transports multimodaux de voyageurs et de marchandises. Par anticipation, ces schémas sont en cours de préparation.

Par ailleurs un nouveau cadre juridique existe sur :

- la taxation des différents carburants,
- les aides publiques pour l'achat de véhicules "propres",
- les études d'impact liées aux infrastructures de transports,
- les contrôles des pollutions des véhicules utilitaires légers.

#### D.6.3.6 - Conclusions sur l'évolution des émissions de polluants par les transports en France

Le cadre institutionnel deviendra plus contraignant. En effet les facteurs influents ne seront plus d'abord la concurrence industrielle et les besoins de mobilité des français pour raisons personnelles et professionnelles. Les nouvelles techniques d'information et de communication seront-elles en mesure de réduire les déplacements physiques ou de les transformer ? Ce sont surtout les contraintes environnementales qui pèseront dans la mise en œuvre des politiques.

Cette évolution dépendra donc des obligations imposées par l'Union européenne et des mesures incitatives plus ou moins fortes prises par les pouvoirs politiques étatiques et les collectivités territoriales : mesures réglementaires, taxation, aides financières, décisions sur les nouvelles infrastructures routières ou ferroviaires, décisions sur les déplacements urbains et les transports collectifs (notamment au travers des PDU)... Les dispositifs de prévision et de modélisation devront être adaptés : il sera utile de revoir les modèles de trafic traditionnels et de concevoir une modélisation "sous contrainte".

En ce qui concerne la modélisation de la pollution, les modèles actuellement disponibles permettent d'évaluer les impacts, en matière d'émissions de polluants d'origine automobile, au niveau macroscopique, à l'échelle d'une région ou d'une agglomération : ils sont alors couplés à des études de trafic. Le modèle TURBAN, actuellement développé par l'INRETS pour évaluer les impacts à un niveau plus fin, devrait être prochainement disponible. D'autres modèles existent et sont analysés par le CERTU. On se rapprochera aussi de l'étude en cours INRETS - ADEME intitulée "Études d'impacts d'infrastructures routières - qualité de l'air - Émissions de particules". Le tableau B ci-joint, extrait du rapport de la DRAST de 1997 intitulé "Transports et pollution de l'air : une question controversée" présente différentes prévisions d'évolution.

L'étude publiée en 1993 par l'INRETS sur l'évolution des émissions de polluants par les transports en France de 1970 à 2010 et basée sur trois scénarii [augmentation du PIB lente (+1,2 %), intermédiaire (+2,5 %) ou rapide (+3,8 %)] donne les tendances suivantes :

- nette baisse (80-85 %) des émissions de CO et HC (durcissement des normes, augmentation de la part du diesel faible émetteur de ces polluants)
- en contrepartie stagnation des rejets de CO<sub>2</sub>
- diminution plus mesurée des NO<sub>x</sub> (40 %) (la diésélisation du parc joue un rôle défavorable, les catalyseurs diesels ne promettant pas les mêmes performances que leurs équivalents essence)
- augmentation de près de 50 % de l'émission unitaire des particules (la légère diminution des émissions unitaires de diesel est loin de compenser la diésélisation du parc)
- malgré la diésélisation et l'amélioration des technologies, la consommation du véhicule moyen ne baisse que de 15 %, l'augmentation de la cylindrée des véhicules jouant défavorablement
- les émissions de CO<sub>2</sub> et la consommation de carburant suivent des évolutions à la hausse et parallèles
- les émissions de CO et HC sont essentiellement imputables au trafic urbain alors que celles de NO<sub>x</sub> et particules reviennent majoritairement au trafic autoroutier.

#### **D.6.4 - Enjeux et chiffres clés au plan régional**

##### **D.6.4.1 - Situation des transports, tous modes confondus**

Pour les pollutions dues aux transports routiers, la situation en région Centre est cohérente avec celle constatée au niveau national. L'étude CITEPA montre que les transports, et notamment les transports routiers, constituent un secteur d'émission prépondérant pour toutes les substances, sauf pour le NH<sub>3</sub>.

En effet les transports routiers sont à l'origine de 67,6 % du CO, 61,2 % du NO<sub>x</sub>, 39,3 % de CO<sub>2</sub>, 37 % de COV et 36,5 % de SO<sub>2</sub>. Les transports non routiers sont à l'origine de moins de 1 % des émissions pour chacun de ces polluants. Les transports de marchandises s'effectuent par route pour 94,74 % (5,23 % par fer et 0,03 % par voie d'eau en tonnage transporté).

Il faut distinguer la pollution globale, à l'échelle de la région, et celles spécifiques aux grandes infrastructures routières et aux grandes agglomérations : Tours et Orléans, réglementairement soumises à l'élaboration d'un PDU car comptant plus de 100 000 habitants, mais aussi Bourges, Chartres, Châteauroux et Blois, agglomérations de plus de 60 000 habitants et préfectures des départements.

Pour les transports par air et la pollution locale engendrée près des aéroports, l'importance actuelle des différents aéroports ne semble pas justifier une étude particulière, sauf peut-être pour Châteauroux et Tours. On peut s'interroger sur la prise en compte des aéroports militaires d'Orléans-Bricy et de Tours-Avord.

### Eléments globaux sur la région

Une réactualisation de l'étude CITEPA a été effectuée dans le cadre du PRQA. Elle a porté essentiellement sur les émissions dues au transport routier (98 à 99 % des émissions du secteur des transports) et prend en compte :

- l'évolution du trafic estimée en moyenne à + 8 % sur l'ensemble des réseaux entre 1994 et 1998
- l'amélioration des performances des véhicules qui se fait sentir progressivement en fonction du renouvellement du parc de véhicules.

Pour les différents polluants pris en compte dans l'étude de CITEPA on arrive aux résultats suivants :

Polluant	Valeur 94 (Kt)	Correction Trafic	Correction performance	Valeur 98 (Kt)
SO <sub>2</sub>	8	1,08	0,62	5,4
NO <sub>x</sub>	57	1,08	0,66	40,6
COV	52	1,08	0,49	27,5
Co	285	1,08	0,52	160
CO <sub>2</sub>	6194	1,08	0,97	6490

Il est également apparu nécessaire d'estimer les émissions de particules qui avaient échappé aux premières études.

Ces particules résultent d'une solidification sous l'effet de la température de gouttes de gazole non vaporisées (cokéfaction). Elles sont produites par des véhicules à moteur diesel (VP, véhicules utilitaires légers, poids lourds, autocars). Le taux de production est compris entre 0,21 g/km et 0,64 g/km.

Les émissions de particules dues au transport routier sur la région Centre peuvent être estimées à 4 000 t/an (par référence à une émission France entière de 70 à 75 Kt/an).

Ainsi, la réactualisation 1998 permet de vérifier que mis à part le CO<sub>2</sub> qui augmente légèrement (+4,8 %), les diverses émissions baissent très sensiblement, certaines étant pratiquement divisées par 2 comme les COV et le CO. Ceci est dû à l'amélioration des performances véhicules pour les émissions de COV, CO et NO<sub>x</sub> alors que les émissions de CO<sub>2</sub> sont directement liées à la consommation unitaire des véhicules dont la diminution ne compense pas la hausse du trafic.

### Eléments plus ponctuels.

Quelques situations particulières ont fait l'objet d'un examen spécifique :

- les émissions liées aux activités ferroviaires sur l'agglomération Tourangelle (triage et dépôt de St Pierre des Corps).
- Les émissions liées à la ligne Tours-Vierzon principale artère ferroviaire de la région non électrifiée.
- les émissions liées au fonctionnement de l'aéroport de Châteauroux-Déols.

#### Emissions liées aux activités ferroviaires sur l'agglomération tourangelle.

A partir des éléments livrés par la SNCF (nombre de mouvements de machines, émissions des engins thermiques), ont été estimés les quantités de CO, NO<sub>x</sub> et COV émis par le fonctionnement du triage et du dépôt de St Pierre des Corps.

	CO	NO <sub>x</sub>	COV
<b>Triage</b>	50 t/an	9 t/an	15 t/an
<b>Dépôt</b>	3 0 t/an	10 t/an	9 t/an
<b>Total</b>	<b>80 t/an</b>	<b>19 t/an</b>	<b>24 t/an</b>

Ces valeurs sont à rapprocher de celles livrées par le CITEPA pour l'ensemble des transports sur l'agglomération tourangelle :

CO : 46 216 t/an      NO<sub>x</sub> : 4 202 t/an      COV : 5 571 t/an

#### Emissions le long de la ligne Tours-Vierzon

Les estimations des émissions moyennes de CO et de NO<sub>x</sub> et de COV au Km par an ont été effectuées à partir des données fournies par la SNCF :

CO: 1,3 t/km par an      NO<sub>x</sub> : 0,4 t/km par an      COV : 0, 18 t/km par an

Pour mémoire, les émissions de ces même polluants, sur la RN 76 Tours-Vierzon qui supporte un trafic d'environ 8 000 vh/j (hors agglomération, le trafic plus que double à l'approche immédiate de Tours) sur la plupart de ses sections, sont évaluées à :

CO : 21 t/an/Km      NO<sub>x</sub> : 18 t /an/:Km      COV : 4,13 T/an/km

#### Emissions liées au fonctionnement de l'aéroport de Châteauroux-Déols

Cet aéroport a une activité significative pour le transport du fret (2210 t en 1997 et 2255 t en 1998) mais plus modeste pour les passagers (4618 en 1997 et 3538 en 1998).

L'ensemble génère un nombre de mouvements d'appareils (atterrissages ou décollages) de l'ordre de 600 par an (616 en 1997, 536 en 1998).

La piste est orientée vers le Nord-Est / Sud-Ouest, et les atterrissages et décollages se font en évitant au maximum le survol de l'agglomération de Châteauroux.

A ces activités commerciales il faut ajouter les vols d'entraînement qui représentent 23 000 mouvements (à titre de comparaison, le nombre annuel de mouvements de l'aéroport d'Orly est de 200 000) avec des appareils des gammes Airbus (A319, ... 340) Boeing (B737 ... 777) et Concorde, ainsi que certains appareils militaires.

Les vols d'entraînement ont une durée de l'ordre de quelques minutes et s'effectuent pour 90 % à des hauteurs comprises entre 1 500 et 2 000 pieds (500 à 600 m d'altitude). Les trajectoires se situent dans leur totalité au Nord-Est de l'agglomération de Châteauroux.

Le secteur de Châteauroux constitue ainsi une zone particulière de la région Centre du point de vue des émissions. L'étude CITEPA relève cette situation en comparant ce secteur à l'ensemble des autres secteurs de la région en ce qui concerne la pollution due au transport aérien. Les calculs ne prennent en compte que les seuls atterrissages ou décollages.

Polluant	Région % aérien sur ensemble transports	ardt de Châteauroux % aérien sur ensemble transports
SO <sub>2</sub>	0,2	2,5
NO <sub>x</sub>	0,1	1,9
COVNM	0,7	9,2
CO	0,2	3,0
CO <sub>2</sub>	0,5	5,9

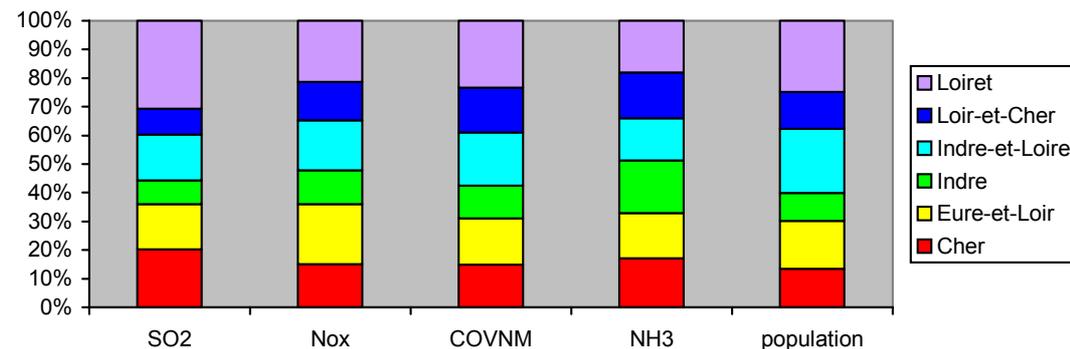
Les émissions dues au transport routier sur l'arrondissement de Châteauroux restent ainsi largement majoritaires. Elles se situent entre 90 % (COWM) et 96,9 % (CO) de l'ensemble du secteur des transports sur cet arrondissement.

**D.7 - Emissions par secteurs géographiques**

En comparant les émissions de polluants à la population de chaque département, on constate que le rapport émissions/population est supérieur à 1 pour :

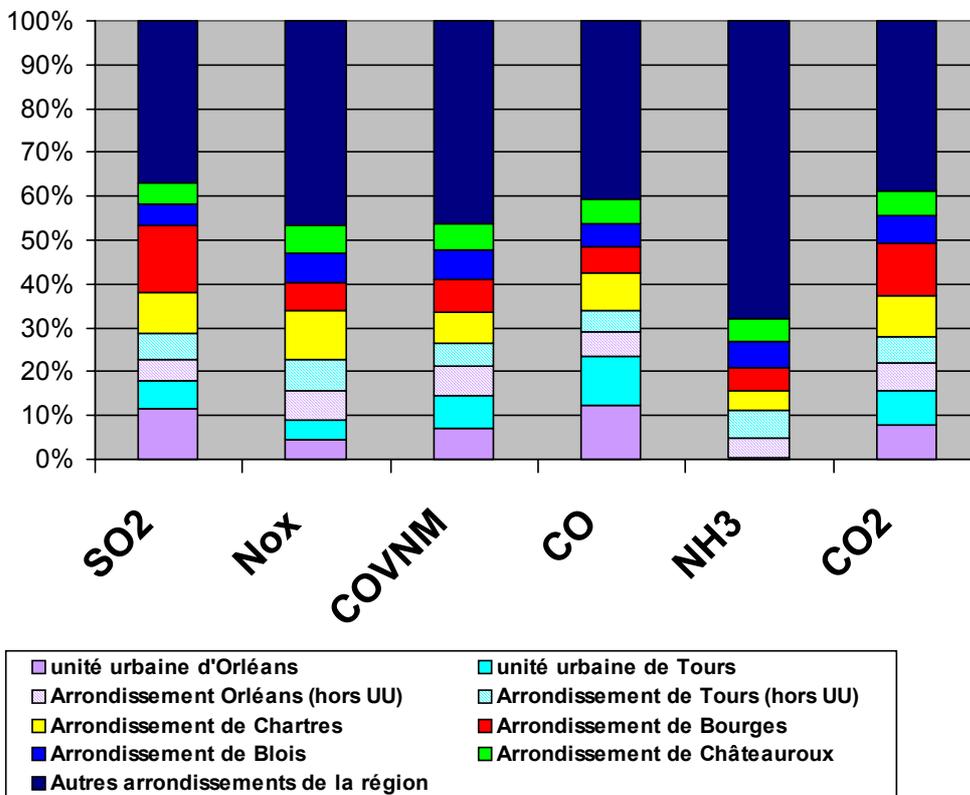
- le Cher pour le SO<sub>2</sub>, les NO<sub>x</sub>, les COVNM et le NH<sub>3</sub> ;
- l'Eure-et-Loir pour les NO<sub>x</sub>, le CO et le CO<sub>2</sub> ;
- L'Indre pour le NH<sub>3</sub>, les NO<sub>x</sub>, les COVN, le CO et le CO<sub>2</sub> ;
- Le Loir-et-Cher pour les NO<sub>x</sub>, le NH<sub>3</sub> et les COV ;
- le Loiret pour le SO<sub>2</sub> et le CO.

En ce qui concerne l'Indre-et-Loire, le rapport est constamment inférieur à 1.



Les deux unités urbaines de plus de 100 000 habitants, Tours et Orléans, regroupent 22 % de la population de la région et représentent moins de cette proportion pour leurs émissions de polluants (sauf pour le CO avec 23 %). Plus précisément, Orléans, avec 10,4 % de la population régionale représente 12 % des émissions de CO et de SO<sub>2</sub>.

L'arrondissement de Bourges est marqué par la présence d'une cimenterie qui influe notamment sur le SO<sub>2</sub> et le CO<sub>2</sub>.

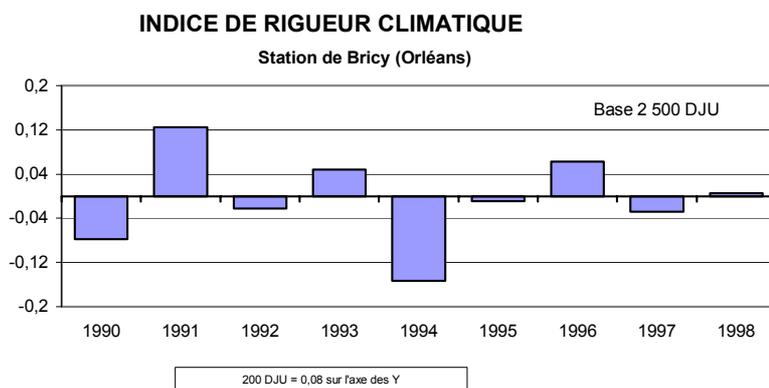


**E/ L'EVOLUTION DE LA CONSOMMATION ENERGETIQUE REGIONALE****E.1 - Consommation énergétique**

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
<b>Hydrocarbures liquides (livraisons)</b>							
<b>ESSENCE SUPER PLOMBE ET SANS PLOMB (1 000 m<sup>3</sup>)</b>							
Nationale	23217,9	22467,1	21732,9	20729,2	19864,6	19381,7	19271,5
Régionale	1128,8	1109,8	1072,7	995,5	948,9	934,4	941,9
%	4,9	4,9	4,9	4,8	4,8	4,8	4,9
<b>GAZOLE (1 000 m<sup>3</sup>)</b>							
Nationale	23460,3	24400,0	25179,9	27064,0	27798,0	29072,0	30375,5
Régionale	1157,6	1198,4	1327,5	1308,4	1364,5	1444,3	1534,5
%	4,9	4,9	5,2	4,8	4,9	5,0	5,1
<b>FIUOL LOURD (1 000 m<sup>3</sup>)</b>							
Nationale	4979,6	4804,2	4656,4	4366,0	4367,7	4161,1	4201,9
Régionale	124,7	126,7	114,8	117,4	82,6	73,1	82,8
%	2,5	2,6	2,45	2,69	1,9	1,8	2,0
<b>FIUOL DOMESTIQUE (1 000 m<sup>3</sup>)</b>							
Nationale	21175,7	20401,7	18952,1	19530,2	20452,0	19792,9	20477,2
Régionale	1181,6	1111,2	964,2	1009,0	1055,2	1025,3	1070,0
%	5,6	5,4	5,1	5,2	5,2	5,2	5,2
<b>GAZ DE PETROLE LIQUEFIE (1 000 m<sup>3</sup>)</b>							
Nationale	2948,7	2976,8	2795,5	2867,0	3105,9	3008,4	3183,9
Régionale	177,0	179,8	162,5	166,0	188,3	181,4	192,4
%	6,2	6,0	5,8	5,8	6,1	6,0	6,0
<b>Electricité (en milliards de kWh)</b>							
Nationale	382,50	385,00	387,50	397,00	414,00	410,50	422,50
Régionale : Haute Tension	2,00	1,95	1,97	1,95	2,02	1,10	1,09
Régionale : Moyenne et Basse Tension	11,97	12,17	11,94	12,42	13,21	13,77	14,91
%	3,65	3,67	3,59	3,62	3,68	3,62	3,79
<b>Gaz naturel (en GWh)</b>							
Régionale	12336	13320	12443	13292	14752	14565	14799

Source : Comité Professionnel du Pétrole ; EDF Energie Loire ; GDF et CFM

La consommation d'électricité en région Centre ne s'accroît que modérément, la plupart de ses départements présentant un taux global inférieur à 10 % sur 5 ans. On peut même constater une légère baisse en 1997.



Les pointes de 1996 et 1998 sont surtout la résultante du climat dont l'indice de rigueur doit être pris en compte pour porter une appréciation.

200 DJU = 0,08 sur l'axe des Y

L'unité représentative du climat est le Degré Jour Unifié : DJU.

Le D.J.U. est la différence constatée sur une journée entre une température de référence (18 °C) et la température moyenne extérieure de cette journée. Par exemple, si la température extérieure moyenne d'une journée est de 14 °C on compte 4 DJU, si elle est de 20 °C on ne compte pas de DJU.

En région Centre, la somme des DJU base 18 avoisine les 2 500 pour un hiver moyen. Néanmoins, d'une année sur l'autre, les variations peuvent être assez importantes (2 100 à 2 900 DJU), aussi est-il nécessaire de déterminer la rigueur climatique d'une année, afin de pouvoir comparer les consommations énergétiques qui fluctuent au gré des températures. Le tableau ci-dessus indique la rigueur climatique par rapport à la barre des 2 500 DJU par an. Les indices au-dessus de "0" indiquent un hiver rigoureux, les indices inférieurs à "0" des années plus douces.

Il est à noter que, compte tenu de l'étendue de la région Centre, des différences non négligeables peuvent s'observer à l'intérieur même. Le Nord et le Sud, de part et d'autre du couloir ligérien, se démarquent parfois de plusieurs degrés. L'indice indiqué ci-dessus est représentatif du secteur orléanais.

La région Centre reste peu gourmande puisque son ratio de consommation se situe nettement en deçà de son ratio de population.

On peut probablement, par rapport aux besoins de chauffage, y voir une part d'équilibre avec l'indicateur inverse concernant le fioul domestique et le GPL.

Le gaz naturel, qui est indexé sur le coût des produits pétroliers, continue de se développer, profitant pleinement de son image d'énergie propre et bon marché ainsi que de l'accroissement constant du nombre de communes desservies. Au stade actuel toutefois, le potentiel de collectivités pour lesquelles une étude technico-économique montre que la création d'une distribution publique serait viable est pratiquement consommé ou en voie de l'être. Le plan triennal de desserte publique en gaz, actuellement en cours de finalisation, parachèvera cette saturation du potentiel. Ce seront alors essentiellement des opportunités nouvelles comme le passage, à proximité, de projets

d'ouvrages de transport de gaz ou le développement ponctuel d'une activité fortement consommatrice d'énergie qui justifieront d'autres créations de ce type.

On note en région Centre une diminution constante des consommations de super pour les transports au profit d'une augmentation des consommations en gazole, conforme à ce qui s'observe de manière générale en France. La fiscalité française, en 1998, en matière d'hydrocarbures, a favorisé le développement des automobiles "diesel" au détriment des véhicules "essence" et entraîné l'évolution de la consommation de gazole. Par rapport à la population de la région Centre (4,1 % de l'ensemble de la France), on peut noter un taux d'usage effectif supérieur des carburants. Il faut y voir la conjonction d'au moins deux phénomènes :

- ◆ l'étendue propre de la région qui génère incontestablement des déplacements plus longs,
- ◆ son point de passage d'un important trafic national et international influant sur les besoins de réapprovisionnement.

Depuis 1988, on note, dans le secteur du chauffage, une baisse de la consommation du fioul lourd des grandes chaufferies et un transfert en faveur du gaz naturel.

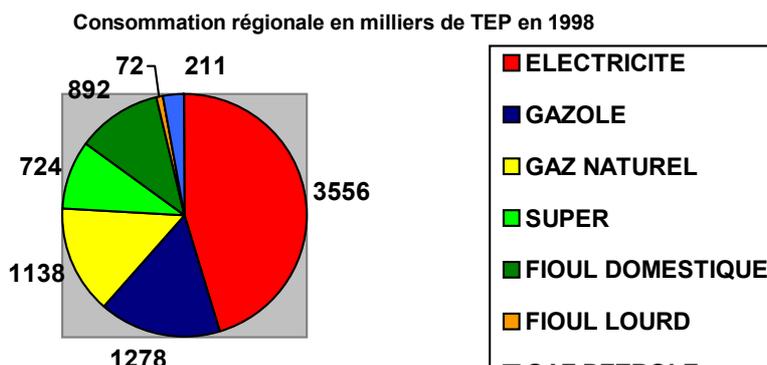
La consommation du fioul domestique se maintient. Cette consommation et celle du GPL continuent de montrer, elles aussi, par rapport à la moyenne nationale, un décalage significatif dans le sens d'un recours accru au niveau régional.

Il n'est pas douteux que le faible nombre de très grosses concentrations urbaines au profit d'un habitat rural relativement dispersé explique le phénomène, une très large part étant alors faite au chauffage individuel.

Le fioul lourd ne peut faire l'objet d'une comparaison directe identique car il n'a pas la même universalité d'emploi. Simplement la région n'est pas marquée par l'industrie lourde et ce combustible est fortement concurrencé par le gaz naturel, énergie considérée comme plus propre et plus souple et par ailleurs toujours utilisée dans les projets de cogénération les plus importants (TAG - turbine à gaz).

## **E.2 - Répartition par type d'énergie**

<b>PRODUITS</b>	<b>1992</b>	<b>1994</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>
ELECTRICITE	41,8	43,3	44,5	44,3	45,2
GAZOLE	13,2	15,5	14,9	16,1	16,2
GAZ NATUREL	13,2	13,4	14,9	15,0	14,5
SUPER	12,8	11,5	9,6	9,6	9,2
FIOUL DOMESTIQUE	13,2	11,3	11,6	11,4	11,3
FIOUL LOURD	1,7	1,5	1,0	0,9	0,9
GAZ PETROLE LIQUEFIE	2,7	2,5	2,7	2,7	2,7
C.M.S.	1,4	1,0	0,8	négligeable	négligeable
%	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>



### E.3 - Consommation départementale

Produits	18	28	36	37	41	45
FOD (t)	84968	122007	46715	325692	60653	264101
Fioul lourd (t)	15738	21036	4032	10570	4089	27319
Supercarburant (m3)	103745	149928	78549	220438	119820	269479
Gazole (m3)	160879	251051	124104	365445	169954	463100
Butane (t)	4370	5992	3399	5313	3490	7609
Propane (t)	19116	27328	11266	29685	25825	41125
GPL (t)	795	1358	913	1598	1231	2028
Electricité (GWh)	1802	2576	1443	3146	2028	4161
Gaz naturel (GWh)	3362	1639	2769	6276	3258	7674

### E.4 - Gisement d'énergies renouvelables

#### E.4.1 - La biomasse : le bois énergie et la paille

##### Situation régionale :

En dehors de ses usages dans les logements (cheminées et inserts), le bois est utilisé comme source d'énergie dans des chaufferies d'immeubles (HLM Orléans...), un lycée (Blaise Pascal à Châteauroux) et de nombreuses chaufferies dans les entreprises de transformation du bois, pour assurer les besoins d'énergie des cellules de séchage du bois. On peut également noter l'importance des consommations de déchets de bois dans la chaufferie de l'entreprise Kronofrance à Sully sur Loire (45), dont l'énergie est utilisée pour le process de fabrication de panneaux.

Pour l'ensemble des usages cités plus haut, une estimation<sup>19</sup> à 230 000 TEP/an avait été proposée en 1995. Le CEREN a réalisé début 1999 une nouvelle évaluation qui porte à 540 000 TEP en 1996 l'utilisation du bois énergie des maisons individuelles de la région Centre<sup>20</sup> (contre 506 000 TEP en 1992, d'après le CEREN également).

<sup>19</sup> Etudes « Inestene » en 1995 et « Chambre régionale d'Agriculture » réalisées respectivement en 1995 et 1998 à la demande de l'Ademe et du Conseil Régional du Centre.

<sup>20</sup> Basé sur 190 000 maisons chauffées en base bois (14,5 stères/maison/an) et 171 000 maisons utilisant le bois comme appoint (4,8 stères/maison/an) ; Le parc de maisons individuelles est de 713 000 en région Centre.

Les consommations correspondantes de bois des logements individuels restent mal connues, la majeure partie échappant au circuit commercial.

Le bois est ainsi le premier gisement d'énergies renouvelables utilisé en région Centre.

A ce jour, il existe par ailleurs en région Centre quelques unités de petite capacité utilisant la paille comme combustible pour le chauffage de serres ou les usages agricoles. L'aptitude au développement de cette filière pourrait justifier un effort de recherche à son égard.

### **Potentiel de développement :**

#### **Le Bois énergie :**

Jusqu'à présent, les programmes de soutien de la mise en valeur des énergies renouvelables ont visé prioritairement l'utilisation du bois énergie. Ainsi, de 1986 à 1993, dans le cadre du FRME, l'aide financière à la mise en place de chaufferies bois a été assurée tant auprès des collectivités locales (subvention) que du secteur industriel (avance remboursable ou subvention).

Son potentiel supplémentaire valorisable ("bois-énergie" pour le chauffage, déchets de bois non encore valorisés,...) paraît pouvoir être estimé à plus de 200 000 TEP/an<sup>21</sup> au total, sans tenir compte des critères d'accessibilité économique actuels.

Le gisement facilement mobilisable est évalué à environ 100 000 TEP/an.

Cela suppose incontestablement que la politique en faveur de l'utilisation du bois énergie soit revitalisée. Une création d'emplois est liée à cette filière (en moyenne 1 emploi pour 200 tep de bois énergie). De même, et afin de garantir aux utilisateurs potentiels une pérennité de la fourniture, il convient prioritairement de structurer l'offre de bois énergie en créant, par exemple, des structures collectives d'approvisionnement et les investissements pour des plates-formes de regroupement de produits.

Il est à signaler au niveau national un effort de recherche sur l'amélioration des inserts afin d'en accroître l'efficacité et de maintenir les utilisations individuelles du bois énergie, notamment en complément du chauffage électrique dans les maisons individuelles, voire en substitution lors des périodes tarifaires défavorables (22 jours TEMPO/an).

#### **La paille :**

En 1997, les surfaces cultivées en blé et orge ont été de 1 040 800 ha (soit la moitié des surfaces cultivées de la région Centre). Le gisement mobilisable de paille à usage énergétique est possible sur environ 40 % des ressources, les 60 % autres étant laissés sur place pour contribuer à la valorisation agronomique des sols ou commercialisés pour les litières d'élevage ou comme alimentation du bétail.

Sur une base voisine de 3 tonnes de paille/ha/an, ce sont 1 150 000 tonnes/an de paille qui deviennent disponibles pour un usage énergétique, soit 280 000 TEP/an<sup>22</sup>.

Les moyens de valorisation de la paille sont divers :

- ◆ Matière première pour les matériaux (papiers spéciaux, bétons spéciaux),
- ◆ Matière première pour la chimie (émulsifiant cosmétique)

---

<sup>21</sup> Etude « Chambre régionale d'Agriculture » réalisée en 1998 à la demande de l'Ademe et du Conseil Régional du Centre.

<sup>22</sup> Source : Chambre régionale d'Agriculture - F. Valter.

- ◆ Combustible après granulation pour des équipements de chauffage individuels ou collectifs, en mélange ou non avec des déchets de bois ou des plaquettes forestières,...

Le développement de l'utilisation de la paille peut être associé à celui de la filière bois énergie : organisation de l'offre, mise en place de plates-formes de stockage et de conditionnement, aide financière aux équipements, ...

D'autres voies en lien avec la politique agricole commune pourraient éventuellement être explorées telles que le taillis à courte rotation (TCR), objet d'une récolte au bout de seulement quelques années à des fins énergétiques ou de production de pâte à papier, cette orientation particulière étant néanmoins peu adaptée à la région Centre.

#### **E.4.2 - Le solaire thermique (actif et passif)<sup>23</sup>**

##### **Situation régionale :**

Le gisement solaire en région Centre se révèle être potentiellement modeste puisque de seulement 1 300 kWh/m<sup>2</sup>/an environ alors qu'il avoisine aisément 1 800 kWh/m<sup>2</sup>/an en Provence-Côte d'Azur.

Toutefois, les programmes menés dans le cadre du FRME entre 1985 et 1990 ont permis l'équipement de 39 piscines régionales par des moquettes et des capteurs solaires, offrant jusqu'à une couverture de 80 % des besoins énergétiques, ceci pour une production totale de 700 TEP/an. En 1998, 36 piscines avaient toujours leur équipement solaire opérationnel.

Par ailleurs, début 1999, 8 maisons étaient équipées d'un plancher solaire direct (PSD) qui permet de contribuer jusqu'à 35 % aux besoins de chauffage.

Enfin, 6 sites isolés sont alimentés par du photovoltaïque. Ces sites ont été équipés à la suite de l'accord ADEME – EdF signé en 1995 relatif à la maîtrise de la demande d'électricité permettant, si l'alternative « raccordement au réseau » est plus coûteuse, d'utiliser les moyens financiers du FACE pour mettre en place ces équipements autonomes.

##### **Potentiel de développement :**

##### **Solaire "actif" :**

Le programme solaire pourrait certainement à tout le moins être réactivé, ne serait-ce que pour la rénovation des sites équipés, telles que les piscines.

Le PSD est une technique nécessitant l'utilisation du chauffage par le sol en basse température et n'est donc quasi exclusivement applicable qu'aux constructions neuves.

Le développement du plancher solaire direct, sur le quart des maisons neuves à construire<sup>24</sup> permettrait de réduire le recours aux énergies conventionnelles de 700 tep/an (14 000 tep cumulés/an en 2020).

On peut également penser à la production d'eau chaude pour les campings ou les gros utilisateurs (hôpitaux...). La contribution d'un capteur solaire pour la production d'eau chaude sanitaire dans la région Centre peut être évaluée à 300 kWh/an/m<sup>2</sup> de capteur. L'économie annuelle potentielle est donc de l'ordre de 1 TEP/an pour 40 m<sup>2</sup> de capteurs.

<sup>23</sup> **Actif** : la transmission de l'énergie nécessite un capteur spécifique et un fluide de transfert vers le plancher chauffant du logement ou l'eau chaude sanitaire - **Passif** : les composants du logement (verrière, murs) sont disposés de telle façon qu'ils permettent la captation directe de l'énergie solaire pour le chauffage de l'air ambiant du logement.

<sup>24</sup> 5 600 pavillons neufs \* 0,25 = 1 400 pavillons/an

**Solaire "passif" :**

La construction bioclimatique qui permet de mieux intégrer les apports solaires « gratuits » pendant la saison de chauffage n'est par ailleurs pas à négliger dans l'approche dans la mesure où, même sous nos latitudes, elle permet de réduire jusqu'à 25 % les besoins énergétiques d'un pavillon d'habitation.

Au niveau du solaire passif, on peut indiquer que si 22 % des constructions neuves étaient conçues bioclimatiques, en habitat individuel ou collectif, le gisement d'économies à échéance 2020 serait de 14 000 TEP/an<sup>25</sup> (700 TEP/an chaque année pour 9 600 logements/an).

**Photovoltaïque :**

Pour le développement du photovoltaïque, il conviendrait de poursuivre les inventaires régionaux de sites isolés et d'inciter les syndicats d'électrification rurale et EdF à utiliser les fonds du FACE, comme il est de règle, pour financer de nouvelles installations.

**A titre d'exemples :**

- Une installation complète (panneaux photovoltaïques, batteries...) permettant l'alimentation d'un pavillon (11 lampes, 1 réfrigérateur, 1 TV et une petite pompe) de 1 kW crête coûte environ 200 kF TTC. C'est le coût moyen d'une alimentation conventionnelle par le réseau EdF d'une longueur de 1 km en aérien, ou de 500 m en souterrain.
- L'équipement photovoltaïque (batterie comprise) d'un panneau publicitaire pour son éclairage nocturne coûte 60 kF TTC, ce qui correspond au coût de 300 m de ligne aérienne ou 150 m de ligne souterraine.
- L'équipement d'une déchetterie (3 lampes), pour 50 W crête, coûte 25 kF TTC.
- Un système de télésurveillance de château d'eau, pour 20 W crête coûte 12 kF TTC.

**E.4.3 - La valorisation énergétique des déchets****Situation régionale :**

La valorisation par production d'énergie, notamment électrique, est une application intéressante déjà mise en œuvre.

Fin 1998, quatre usines d'incinération d'ordures ménagères de la région fonctionnaient avec valorisation énergétique sous forme de chaleur : Pithiviers, Chinon, Blois et Vernou-en-Sologne (globalement pour environ 5 000 TEP) ; quatre autres produisent de l'électricité : Orléans, Gien, Chartres et Ouarville (28,3 MW).

La cimenterie de Beffes valorise également près de 6 000 TEP de déchets de pneumatiques. L'industrie du bois valorise de son côté 16 000 TEP de déchets de bois (pour ses process) et en génère un potentiel non exploité évalué à 14 000 TEP de déchets (déjà inclus dans les 100 000 TEP/an de bois énergie valorisable - cf. VI-1).

---

<sup>25</sup> Etude Inestene 1995.

**Potentiel de développement :**

Les unités d'incinération d'ordures ménagères (UIOM) en construction (Blois, Ouarville) ou prévues par les plans départementaux (région de Tours, région de Bourges) seront dotées, de par la loi du 13 juillet 1992, de systèmes de valorisation de l'énergie (chaleur et/ou électricité).

Deux unités d'incinération d'ordures ménagères existantes, Amilly et Châteaudun, ne sont pas équipées pour valoriser l'énergie produite.

Compte tenu d'un meilleur rendement de la valorisation sous forme de chaleur, il conviendrait de faciliter la valorisation de l'énergie dans des réseaux de chaleur urbains ou industriels. Un soutien spécifique aux études de faisabilité et aux travaux de raccordement pourrait être proposé.

Les 12 UIOM régionales, en fonctionnement (8), en cours de travaux (2) ou prévues (2) devraient traiter environ 850000 tonnes de déchets ménagers et de déchets industriels banals à terme (soit 42 % des déchets produits dans la région).

Leur valorisation énergétique est évaluée à 80 000 TEP.

**E.4.4 - La valorisation du bio gaz de décharge et des stations d'épuration****Situation régionale :**

Les ressources de bio gaz sont encore peu exploitées. A une échelle un peu significative, elles proviennent notamment des grandes décharges où sont regroupés des déchets fermentescibles<sup>26</sup>. Ce biogaz, composé principalement de méthane (45 à 50 %) et de gaz carbonique, se dégage actuellement dans l'atmosphère et participe de façon importante à l'effet de serre.

Une expérimentation est menée depuis 1992 sur la décharge de Sonzay (37). Le biogaz produit par certaines cellules de la décharge, encore en exploitation, est capté par un réseau de « drainage » et envoyé sur un système de purification (extraction de l'H<sub>2</sub>S corrosif) puis est comprimé dans les réservoirs des utilisateurs. L'installation est opérationnelle, quoique avec une production inférieure aux prévisions initiales, mais reste largement sous-exploitée (manque de véhicules équipés). On notera que cette installation a réclamé pour son fonctionnement une modification technique des moteurs concernant la tenue des soupapes. Il a été souhaité que cette installation permette de produire du courant électrique sans que cette idée trouve néanmoins de concrétisation.

En 1999, une décharge du Loiret va être équipée pour permettre la récupération du biogaz en vue d'une valorisation sous forme d'électricité, à l'aide de groupes électrogènes fixes débitant dans le réseau EdF (1 500 kW<sub>e</sub> et environ 12 000 000 kWh/an équivalant à 2 600 TEP/an).

**Potentiel de développement :**

Les réglementations relatives à l'exploitation des centres de stockage des déchets ménagers et assimilés (ex décharges) amènent leurs exploitants à assurer la collecte du biogaz et des lixiviats (jus de décharge) en vue de leur traitement.

En remplacement des torchères permettant de brûler ce biogaz, la mise en place de groupes électrogènes *ad hoc* permettrait la production d'électricité.

En l'absence d'un inventaire plus précis, l'équipement des 9 plus grosses décharges de la région (qui ont accueilli 940 000 tonnes de déchets en 1998 soit 70 % des déchets stockés de la région)

---

<sup>26</sup> Le biogaz de décharge est le produit de la biodégradation du carbone organique contenu dans les déchets : on obtient environ 1,87 m<sup>3</sup> de biogaz à partir d'un kg de carbone organique.

devrait permettre d'obtenir une production de 60 000 TEP<sup>27</sup> cumulée sur la durée de la dégradation. Compte tenu de la constance des quantités annuelles de déchets stockés depuis plus de dix ans, on peut, en première approximation, indiquer que le potentiel annuel est aussi de l'ordre de 60 000 TEP. La production d'électricité correspondante est évaluée à 25 MW<sub>e</sub>, pour plus de 200 GWh<sub>e</sub>/an.

Mais la loi sur la gestion des déchets du 13 juillet 1992 incite à la valorisation des déchets. De ce fait, le recours aux centres de stockage sera réservé aux déchets dits "ultimes", pour des tonnages réduits. Le gisement calculé plus haut n'est donc pas renouvelable à l'infini.

Par ailleurs, l'étude menée par INESTENE en 1995 a permis d'évaluer le potentiel énergétique du biogaz qu'il est possible de produire par méthanisation des boues de station d'épuration et des déchets agricoles et agroalimentaires : 168 000 TEP/an. INESTENE a également évalué à 75 000 TEP/an le gisement réellement exploitable.

#### **E.4.5 - Les biocarburants**

##### **Situation régionale :**

Compte tenu de la présence de grandes zones de culture en région Centre (Beauce, Champagne berrichonne et Champagne tourangelle), cette filière a déjà fait l'objet de développements significatifs.

##### **Colza :**

En 1998, 27 000 hectares ont été cultivés en colza à usage énergétique, représentant 25 000 TEP. Ce colza est essentiellement destiné à l'usine de diester de Haute-Normandie. D'une capacité de 150 000 t d'ester de colza/an (on peut rappeler que son financement a fait l'objet d'un appel d'offres auprès des régions productrices), les produits servent d'additif au gazole dans des proportions de 5 %.

##### **Ethanol "betterave" :**

15 000 TEP/an proviennent du quota de production d'éthanol des sucreries distilleries de la région. Initialement, une partie de cette production a servi à titre expérimental à l'alimentation de bus de la ville de Tours. Aujourd'hui, elle est orientée principalement vers le centre de production d'ETBE<sup>28</sup> d'ELF Feyzin (69).

##### **Ethanol "blé" :**

En 1998, 1 000 ha étaient dédiés à la production de blé à destination de la distillerie de Provins, pour les mêmes usages en additifs des super carburants. Environ 1 000 TEP sont ainsi produites dans la région.

Pour préciser les ordres de grandeur, on peut comparer ces 41 000 TEP aux 2 400 000 m<sup>3</sup>, soit 1 920 000 TEP, de carburants distribués annuellement en région Centre. Elles ont été produites par environ 33 000 ha de cultures (soit 1,6 % des surfaces cultivées en région).

Ces 41 000 TEP représentent le contenu énergétique des produits : pour être plus précis dans l'apport net de cette filière, il conviendrait d'y soustraire l'énergie nécessaire à la culture et à l'élaboration des produits finis (ester de colza, éthanol), soit entre 25 et 40 % de ce chiffre<sup>29</sup>.

<sup>27</sup> Base : 200 m<sup>3</sup> de biogaz / t déchets et pouvoir calorifique du biogaz = 3,5 kWh/m<sup>3</sup> (ou = 0,3 TEP/1 000 m<sup>3</sup>)

<sup>28</sup> ETBE : Additif pour le super sans plomb

<sup>29</sup> La consommation d'une TEP d'énergie permet la production de 3,4 TEP d'énergie à partir du blé, 2,4 TEP à partir de betteraves ou 4,1 TEP à partir de colza, ceci en intégrant le contenu énergétique des co-produits (tourteaux, paille, drèches, pulpes) - Source : Comité consultatif pour les carburants de substitution et ADEME.

**Potentiel de développement :**

Le domaine des biocarburants est un domaine qui reste porteur de potentialités. Ces dernières peuvent être largement modulées selon les surfaces agricoles que l'on désirera (ou pourra) y consacrer, compte tenu des orientations prises par la Politique Agricole Commune, la mise en place du livre II, titre II du Code de l'environnement (obligation de l'intégration des produits oxygénés dans les carburants) et des décisions relatives à la fiscalité des carburants.

Ce volet, où l'expérience de la région Centre est déjà significative, mérite probablement un nouvel examen suivant différents scénarii.

Si la conjoncture est favorable, un projet industriel (filiale éthanol "blé") est prêt à permettre la production annuelle de 55 000 tonnes d'éthanol supplémentaires (35 000 TEP/an) dans le Nord de la région.

De plus, des études ont été menées récemment pour évaluer la faisabilité de l'implantation d'une unité de production d'ester de colza dans le Sud de la région Centre.

**E.4.6 - La géothermie et les pompes à chaleur sur eau souterraine****Situation régionale :***Géothermie ( $T^{\circ} > 40^{\circ}C$ )*

La valorisation de cette énergie a déjà fait l'objet d'un engagement important dans la région. En particulier, une opération pilote, de niveau national, avait été conduite au début des années 80 à Melleray (45) sur le réservoir du TRIAS à  $80^{\circ}C$  à 2500 m de profondeur pour alimenter des serres horticoles. Malheureusement, cette opération s'est révélée être un échec coûteux, les pompes étant régulièrement détruites par la corrosion (eau extraite fortement salée) et le puits de réinjection se colmatant.

*Pompes à chaleur sur eaux souterraines ( $T^{\circ} < 40^{\circ}C$ )*

Sur le secteur de Châteauroux, un immeuble HLM a fait l'objet d'une opération de chauffage par PAC sur nappe profonde (eau non salée à  $25^{\circ}C$ ) qui s'est révélée positive.

Il y a également plusieurs dizaines d'opérations avec pompe à chaleur sur eau souterraine en région Centre, sur nappes d'eau peu profondes et à basse température ( $15-30^{\circ}C$ ), mais ce sont de petites opérations non recensées dont la production réelle n'est pas connue.

**Potentiel de développement :**

En matière de géothermie, le potentiel existe en particulier dans l'horizon géologique du Trias mais sa mise en valeur nécessitera l'utilisation de technologies plus modernes (tubages en matériaux composites, pompes d'exhaure protégées de la corrosion...) comme celles employées dans les récents projets géothermiques de la région parisienne (Melun). Compte tenu du fort investissement de départ, les applications sont réservées à des usages de chaleur de longue durée annuelle.

Néanmoins à moyen terme, l'utilisation des nappes de surface comme source froide de pompes à chaleur réversibles pour des équipements de chauffage/climatisation de locaux tertiaires pourrait être développée.

La réactivation du programme AQUAPAC (système de garantie de résultats des forages – niveau de la nappe ; débit ; température) qui associe l'ADEME, EDF et le BRGM pourrait être envisagée.

Le potentiel des systèmes de chauffage par pompe à chaleur utilisant la chaleur contenue dans le sol (serpentin enterré à moins d'un mètre) comme source froide mériterait aussi d'être évalué.

#### **E.4.7 - La petite hydraulique**

##### **Situation régionale :**

Hormis les barrages exploités par EDF (Eguzon : 70 MW ; Roche au Moine : 9 MW, Roche Bât l'Aigue : 8 MW) qui, bien que d'importance modeste, ne relèvent pas de la petite hydraulique, la région Centre compte actuellement une puissance installée d'environ 4,3 MW pour une production annuelle de 14 000 MWh. Cela représente à peine 0,1 % de la consommation régionale.

La production d'électricité d'origine hydraulique en région Centre n'excède guère au total 100 millions de KWh/an et n'avoisine ainsi que 0,7 % des besoins régionaux.

##### **Potentiel de développement :**

L'étude menée par le Cabinet Conseil INESTENE à la demande du Conseil Régional et de l'ADEME indique que le potentiel restant à exploiter en Région Centre est de l'ordre de 7 500 TEP (34 000 MWh). Ce type de projet doit toutefois obligatoirement faire l'objet d'une étude préalable très complète. En effet, non seulement l'incidence du génie civil, lorsqu'il n'existe pas déjà, est économiquement lourde mais la création de chutes nouvelles est porteuse d'incidences écologiques et environnementales qui peuvent être très pénalisantes.

A partir d'ouvrages existants, peut-être quelques sites à équiper pourraient-ils néanmoins être examinés sur la vallée du Loir (dans la région de Vendôme) et sur la vallée de l'Anglin (dans la région de Saint-Benoît-du Sault).

#### **E.4.8 - L'énergie éolienne**

##### **Situation régionale :**

Bien que relativement ventée (les moulins de Beauce...), la région Centre ne possède pas le potentiel éolien des côtes ou des îles françaises. La vitesse moyenne du vent en région Centre y est pour l'essentiel inférieure à 4 m/s alors que les emplacements littoraux favorables de la métropole comportent des valeurs de 5 à 6, voire plus.

Toutefois, on notera qu'en 1959, EDF a démarré son engagement dans la filière éolienne en construisant à Nogent-le-Roi (28) une éolienne trois pales de 800 kW. Cette éolienne a fonctionné durant 5 ans.

Au plan technique, il convient de signaler en banlieue d'Orléans la présence d'un fabricant français d'éoliennes (Ets VERGNET) dont la maîtrise est largement reconnue et plus que nationale.

De même des travaux de recherche sont menés au Laboratoire de Mécanique et d'Energétique de l'ESEM à Orléans, dans le but d'améliorer la productivité des éoliennes mises sur le marché.

##### **Potentiel de développement :**

Eu égard à l'absence de potentiel véritable, la possibilité concrète de développement paraît plutôt caractérisée par un soutien éventuel à la « Recherche et Développement » dans ce domaine.

## **F/ LES ENJEUX SANITAIRES EN REGION CENTRE**

### **F.1 - La démarche d'évaluation des risques**

La démarche d'évaluation des risques comporte quatre étapes :

- **l'identification des dangers** : il s'agit de la détermination des effets néfastes des agents physiques, chimiques ou biologiques. Cette étape repose sur l'interprétation des résultats de mortalité et morbidité, des études épidémiologiques et toxicologiques. Elle permet de dresser la liste des dangers liés à un polluant, assortie d'un jugement qualitatif sur la vraisemblance scientifique de l'effet.

- la **détermination de la relation dose-réponse** : la deuxième étape est l'estimation des probabilités de survenue de ces dangers. Il s'agit de caractériser le(s) lien(s) entre la dose (ou l'exposition) et l'effet(s). Jusqu'à présent, cette relation mathématique a souvent été extrapolée des résultats de l'expérimentation animale des hautes doses vers les basses doses qui caractérisent les pollutions environnementales et pour lesquelles l'effet est plus difficile à mesurer. Le développement récent et important des connaissances épidémiologiques dans le domaine de la pollution atmosphérique permet aujourd'hui, au moins dans certains domaines, de réduire l'incertitude liée à cette extrapolation.

- **l'évaluation des expositions** : cette étape a pour objet la quantification de l'exposition (à quelles concentrations, pendant combien de temps...) à laquelle est soumise la population (qui, combien de personnes ?) ;

- la **caractérisation du risque** est l'étape de synthèse qui combine les données d'exposition et la relation dose-réponse. Elle comporte une estimation quantitative globale de l'excès de risque lié aux polluants (estimation de l'impact sanitaire), associée à une explicitation des incertitudes. Habituellement, les estimations de risque (nombre de cas attendus) sont présentées en fonction des expositions et de différents scénarii décisionnels.

### **F.2 - Pertinence et faisabilité d'une quantification d'impact sanitaire par source de pollution**

#### **F.2.1 - La méthodologie**

En l'absence de données permettant de quantifier l'impact sanitaire des sources de pollution existantes, il est nécessaire de :

- Recenser les types de pollution pour lesquels une quantification de l'impact sanitaire est pertinente dans le cadre du P.R.Q.A..
- Parmi les thèmes recensés comme étant pertinents, définir ceux pour lesquels la quantification apparaît faisable.

1. La **pertinence** est examinée au regard des critères suivants :

- L'obligation réglementaire
- L'intérêt potentiel en santé publique
- L'attente sociale

- La spécificité régionale
- L'intérêt opérationnel

2. La **faisabilité** d'une quantification est examinée pour les domaines considérés comme pertinents au regard de l'existence ou non des données nécessaires et connaissances disponibles.

La méthodologie est précisée en annexe 9.

### **F.2.2 - Les résultats**

#### **Avertissement**

Les résultats sont assujettis aux connaissances actuelles sur le sujet et relève de l'arbitraire propre à toute classification.

Il n'a pas été introduit de lien entre quantification et prise en compte d'un polluant. Les types de pollution pour lesquels il a été décidé de ne pas quantifier l'impact sanitaire ne sont pas à écarter mais pourront faire l'objet d'orientations ou de recommandations.

#### **La pollution automobile**

La circulation automobile est devenue dans les villes l'une des activités principalement responsables des effets de la pollution atmosphérique sur la santé. L'exposition est très importante et les effets sur la santé sont loin d'être négligeables.

Compte tenu du fait qu'en région Centre, le transport routier constitue le secteur d'émission prépondérant pour la majorité des polluants recherchés, l'évaluation des risques sanitaires dus à cette source de pollution est à développer prioritairement.

Dans l'immédiat, seules sont disponibles les données de pollution ambiante collectées en routine pour 4 agglomérations (Orléans, Tours, Bourges, Chartres). Au regard de l'importance de ces agglomérations et de l'historique du suivi de la qualité de l'air, une quantification de l'impact de la pollution automobile sur la mortalité et la morbidité hospitalière peut être réalisée dans un premier temps sur Orléans et Tours. Les progrès à venir, tant dans l'acquisition de données environnementales (développement de Lig'Air et/ou campagnes de mesures ponctuelles) et sanitaires que dans les connaissances scientifiques devront permettre d'élargir la quantification à d'autres sites.

Il est souhaité que soient mieux connues, à l'échelle régionale, les expositions des populations à l'ozone, polluants secondaires concernant tant la population rurale que citadine.

#### **La pollution agricole**

La contamination de l'air par les produits phytosanitaires ainsi que les émissions d'ammoniac sont devenues une préoccupation régionale.

Les données disponibles ne permettent actuellement pas de quantifier l'impact sanitaire de ce type de pollution sur la santé des populations.

Une attention particulière doit être portée aux produits phytosanitaires. En effet, de nombreux

pesticides sont utilisés. Leur toxicité varie d'un composé à l'autre. Généralement, l'homme est exposé à de faibles doses de polluants dont les effets demeurent peu connus. La relation exposition-effets n'est pas connue. Il est nécessaire de mieux apprécier la part que représente l'exposition aérienne par rapport aux autres voies d'exposition (contact, eau, aliments) pour la population générale.

### **La pollution industrielle classique**

On compte en région Centre seulement 69 installations industrielles déclarant la taxe parafiscale sur la pollution atmosphérique intégrée dans la taxe générale sur les activités polluantes (bilan 2000).

Ces industries relèvent de la réglementation Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (I.C.P.E.). Les dossiers d'autorisation au titre des I.C.P.E. doivent, en vertu de l'article 19 de la loi n° 96-1236 sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie (aujourd'hui articles L.220-1 et suivants du Code de l'Environnement), comporter au sein de l'étude d'impact, une évaluation des effets du projet sur la santé. Les risques sanitaires liés au fonctionnement d'une industrie doivent donc être évalués localement au cas par cas.

Il est nécessaire de mieux décrire les expositions des populations habitant au voisinage d'industries émettrices de polluants atmosphériques.

### **La pollution à l'intérieur des locaux**

La pollution atmosphérique intérieure concerne un ensemble assez hétérogène de lieux de vie : habitats individuels ou collectifs, bâtiments publics, immeubles de bureaux, équipements de loisirs,...

Les polluants que l'on rencontre dans les ambiances intérieures sont multiples et variés (polluants d'origine extérieure et polluants spécifiques d'origine intérieure). Les expositions sont difficiles à apprécier.

Bien que la population vive à 80 % à l'intérieur des locaux et qu'il est bénéfique de vivre dans une maison saine, la quantification de l'impact sanitaire apparaît difficilement réalisable.

Une enquête nationale a été menée par l'Institut de Protection et de Sécurité Nucléaire (I.P.S.N.) à la demande de la D.G.S. en 1995-1996 et a permis d'identifier 27 départements particulièrement concernés par le risque radon dont, en région Centre, le département de l'Indre. Dans ce département, aucune mesure n'a dépassé le seuil d'alerte et seules 1,4 % des mesures effectuées ont révélé des teneurs supérieures à l'objectif de précaution qui a une valeur incitative recommandée pour les bâtiments existants.

La pollution par l'amiante fait l'objet d'une réglementation spécifique concernant la protection de la population contre l'exposition à l'amiante dans les immeubles. Les dispositions du Code du travail relatives à la protection des travailleurs contre les gaz ou poussières auxquels ils peuvent être exposés, sont également à mentionner. En conséquence, il est proposé de ne pas quantifier l'impact sanitaire de ce type de pollution.

### **La pollution en milieu professionnel**

L'exposition professionnelle relevant d'une législation distincte, il est proposé de ne pas quantifier l'impact sanitaire de ce type de pollution.

## La pollution par les pollens

La quantification de l'impact sanitaire de ce thème est jugée pertinente dans le cadre du P.R.Q.A.. Elle apparaît cependant difficilement réalisable en raison du caractère mal connu de l'exposition et de la relation exposition-effets sur la santé des populations.

Il existe actuellement une station de mesure basée à Tours. Le risque allergique pollinique en Touraine est dominé par la pollinisation des bétulacées d'une part, et par celle des graminées d'autre part (annexe 10). En 1999, la symptomatologie a démarré fin mars avec une nette accentuation la deuxième quinzaine d'avril correspondant à la pollinisation du bouleau. Néanmoins, les troubles n'ont été présents que chez des sujets fortement sensibilisés. Une nouvelle vague de pathologie s'est installée dans la deuxième quinzaine de mai en relation avec la pollinisation des graminées se prolongeant tout au long du mois de juin et s'atténuant progressivement dans le courant du mois de juillet. Le mois d'août a été calme hormis chez les sujets sensibles à la moisissure *alternaria*. A noter la présence pour la première fois sur le capteur de grains d'*ambrosia* début septembre, sans manifestation clinique associée, mais incitant à une vigilance accrue dans les années à venir.

Cette analyse n'est pas applicable à l'ensemble de la région Centre compte tenu du nombre insuffisant de sites de mesures. Aussi, le groupe de travail recommande que l'exposition de la population de la région Centre aux pollens soit mieux décrite.

## La fumée de tabac

L'impact du tabagisme, actif ou passif, se doit d'être rappelé compte tenu de son importance et de la synergie avec d'autres types de pollution.

Cependant, il s'agit davantage d'un comportement que d'une pollution qui constitue par ailleurs une des priorités d'action des pouvoirs publics à l'échelle nationale.

## F.3 - L'identification des personnes et des zones sensibles

Dans le domaine de la pollution atmosphérique, toute la population, dans son ensemble, est concernée. La pollution atmosphérique peut affecter la santé des adultes bien portants lorsqu'ils y sont particulièrement exposés (exposition professionnelle) pratiquant une activité physique en zone polluée et/ou sont fumeurs.

Bien qu'il existe une très grande variabilité individuelle dans la susceptibilité aux polluants atmosphériques, il apparaît clairement que certaines populations sont plus sensibles que d'autres en termes d'effets sur la santé.

En tout état de cause, les résultats des études expérimentales et épidémiologiques ont permis d'identifier clairement les populations sensibles suivantes :

- les enfants (annexes 4.G1 à 4.G3),
- les personnes âgées (annexe 4.G4),
- les personnes atteintes de maladies respiratoires,
- les insuffisants respiratoires sévères (annexe 4.G5),
- les personnes atteintes de maladies cardio-vasculaires,
- les sportifs.

### F.3.1 - les enfants

Les enfants sont sensibles en raison de leur activité à l'extérieur, leur petite taille et des particularités de leur système respiratoire. En effet, les voies respiratoires des jeunes enfants sont plus fragiles car ils sont encore immatures sur le plan anatomique.

De la naissance à 3 ans, les alvéoles pulmonaires se multiplient et passent de 25 millions d'alvéoles à 300, voire 600 millions d'alvéoles. De plus, les bronches de nourrissons sont encore toutes petites, ne disposent que de peu de muscles sur leurs parois et sont riches en glandes bronchiques qui se ramifient en bronchioles. Celles-ci, en situation anormale, fabriquent des sécrétions en excès qui peuvent les obstruer facilement et empêcher l'air de passer.

De l'âge de 3 à 8 ans, les voies respiratoires continuent de grandir. Ainsi, les enfants étant "neufs" sur le plan immunitaire, ils vont se révéler particulièrement sensibles aux premières agressions que ce soient les infections virales ou qu'elles soient allergéniques, particulières ou chimiques.

Deux approches peuvent être engagées afin de mieux identifier cette population :

- utiliser les sources de données des organismes assurant un suivi sanitaire des enfants (services de protection maternelle infantile, médecine scolaire). Leur comparaison inter départements et à l'échelle nationale peut permettre de faire émerger des zones sensibles et/ou des zones à risque.
- utiliser les sources de données des organismes possédant des informations administratives : d'une part les informations générales démographiques (I.N.S.E.E.-répartition communale de la population des moins de 15 ans), d'autre part les établissements recevant des enfants (crèches collectives et familiales, haltes-garderies, écoles primaires, collèges, établissements pour l'enfance handicapée...) en précisant leur localisation et leur capacité (P.M.I., D.R.A.S.S.-fichier national des établissements sanitaires et sociaux, éducation nationale).

Le groupe de travail a pu obtenir les informations concernant la localisation et les capacités des principaux établissements en région Centre recevant de jeunes enfants :

Crèches, haltes-garderies <sup>30</sup> (source D.R.A.S.S.)	Cher	Eure et Loir	Indre	Indre et Loire	Loir et Cher	Loiret	Région
<b>Nombre</b>	15	41	14	81	25	125	301
<b>Capacité</b>	435	1412	394	2117	765	3185	8308

Maternelles et écoles primaires (source Académie Orléans-Tours)	Cher	Eure et Loir	Indre	Indre et Loire	Loir et Cher	Loiret	Région
<b>Nombre</b>	365	465	279	498	368	558	2533
<b>Effectifs (rentrée 1999-2000)</b>	30546	46483	20861	55580	32133	67064	252667

<sup>30</sup> Extraction du FINESS portant sur les crèches collectives, les haltes-garderies et les jardins d'enfants (gestions collective, familiale ou parentale)

Collèges (source Académie Orléans-Tours)	Cher	Eure et Loir	Indre	Indre et Loire	Loir et Cher	Loiret	Région
<b>Nombre</b>	31	51	32	73	38	67	292
<b>Effectifs (rentrée 1999-2000)</b>	15108	24131	10786	28671	15977	34691	129364

Jeunesse handicapée (source D.R.A.S.S.) <sup>31</sup>	Cher	Eure et Loir	Indre	Indre et Loire	Loir et Cher	Loiret	Région
<b>Nombre</b>	12	11	8	18	13	22	84
<b>Capacité</b>	601	746	439	1238	554	980	4558

Une représentation cartographique de ces établissements est présentée en annexes 4 G1 à 4.G3.

### F.3.2 - les personnes âgées

Les personnes âgées constituent une population sensible car leurs réponses réflexes sont diminuées ainsi que leurs défenses immunitaires. Toutefois, les symptômes ressentis sont moindres car la couche de mucus qui tapisse les voies respiratoires est devenue épaisse, diminuant ainsi la pénétration cellulaire de polluants.

Deux approches peuvent être engagées afin de mieux identifier cette population :

- utiliser les sources de données des organismes assurant des prestations de soins. Les informations sont recueillies au niveau de chaque établissement (D.I.M.-P.M.S.I.). Leur comparaison inter départements et à l'échelle nationale peut permettre de faire émerger des zones sensibles et/ou des zones à risques.

- utiliser les sources de données des organismes possédant des informations administratives : d'une part les informations générales démographiques (I.N.S.E.E.-répartition communale de la population des plus de 75 ans), d'autre part les établissements recevant des personnes âgées (hospices, maisons de retraite, logements-foyers...) en précisant leur localisation et leur capacité (D.R.A.S.S.-fichier national des établissements sanitaires et sociaux).

Le groupe de travail a pu obtenir les informations concernant la localisation et les capacités des principaux établissements en région Centre recevant des personnes âgées :

Maisons de retraite et assimilées (source D.R.A.S.S.) <sup>32</sup>	Cher	Eure et Loir	Indre	Indre et Loire	Loir et Cher	Loiret	Région
<b>Nombre</b>	51	65	43	100	60	78	397
<b>Capacité</b>	3987	4248	2954	6624	3949	5868	27630

Une représentation cartographique de ces établissements est présentée en annexe 4 G4.

<sup>31</sup> Extraction du FINISS portant sur les établissements IME, IMP, jardins spécialisés, centres de rééducation, recevant des déficients moteurs, auditifs

<sup>32</sup> Extraction du FINISS portant sur les maisons de retraite, les logements foyers et les résidences d'hébergement temporaire

### F.3.3 - Les personnes atteintes de maladies respiratoires

#### F.3.3.1 - Les asthmatiques

Les asthmatiques sont nombreux (7 à 9% selon les villes) avec une répartition variable selon la zone géographique et la tranche d'âge. L'asthme commence dès le plus jeune âge. On parle d'asthme du nourrisson qui se caractérise par un état inflammatoire fortement marqué des voies respiratoires, une contracture des muscles des bronches, une augmentation des sécrétions bronchiques induisant un état d'hyper réactivité bronchique. Cette inflammation de l'épithélium et les dommages cellulaires qui en résultent, entraînent une augmentation de la perméabilité épithéliale responsable d'une majoration du passage de l'ozone vers les récepteurs, laquelle accentue l'inflammation du tractus respiratoire et augmente la sensibilité des bronches aux autres irritants bronchiques et particulièrement aux allergènes et aux infections virales.

Les personnes les plus susceptibles d'être concernées par les effets des peroxy-acyl nitrates (PAN) sont essentiellement les allergiques souffrant de pathologies du type de conjonctivite allergique. Les symptômes ressentis constituent une gêne transitoire et ils n'ont aucune conséquence pathologique pour la sphère oculaire.

Il n'existe pas de données sur la localisation des asthmatiques, étant disséminées au sein de l'ensemble de la population. Dans la majorité, ils sont suivis par des médecins généralistes.

#### F.3.3.2 - Les autres maladies respiratoires

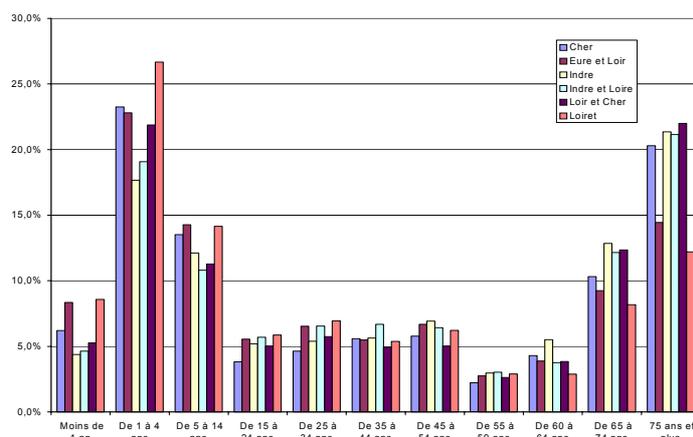
L'exploitation des données de l'I.N.S.E.R.M. et du P.M.S.I. permet d'apprécier respectivement le nombre global de décès et de séjours hospitaliers pour motif respiratoire.

Les données de mortalité pour motif respiratoire sont représentées en annexe 4 H5.

En 1997, il y a eu, en région Centre, 31011 séjours hospitaliers (dont 29079 pour des personnes domiciliées en région Centre) pour motif respiratoire en secteurs public et privé (données P.M.S.I.). Le nombre de séjours de personnes domiciliées en région Centre se faisant soigner hors de la région n'a pas été pris en compte.

Moins de 1 an	De 1 à 4 ans	De 5 à 14 ans	De 15 à 24 ans	De 25 à 34 ans	De 35 à 44 ans	De 45 à 54 ans	De 55 à 59 ans	De 60 à 64 ans	De 65 à 74 ans	75 ans et plus	Total
1917	6525	3723	1562	1812	1652	1806	812	1100	3045	5125	29079

*Répartition départementale en pourcentage et par tranche d'âge des séjours hospitaliers pour motif respiratoire  
(FINESS – 1997 – secteurs public et privé)*



**Il est important de signaler que les données de mortalité et de morbidité pour motif respiratoire sont fournies toutes causes confondues et qu'une partie peut être attribuée à la pollution atmosphérique sans être quantifiable actuellement.**

Par ailleurs, il a été estimé utile de préciser la localisation et les capacités des principaux établissements hospitaliers en région Centre :

Hôpitaux publics et privés (source D.R.A.S.S.) <sup>33</sup>	Cher	Eure et Loir	Indre	Indre et Loire	Loir et Cher	Loiret	Région
<b>Nombre</b>	14	23	13	30	22	28	130
<b>Nombre de places et lits</b>	3021	3663	1956	5140	3461	4320	21561

Une représentation cartographique de ces établissements est présentée en annexe 4 G6.

### F.3.3.3 - Les insuffisants respiratoires sévères

Les altérations irréversibles du tractus respiratoire chez les patients insuffisants respiratoires expliquent une particulière sensibilité aux agressions oxydantes. Tout phénomène inflammatoire au niveau des bronches et des bronchioles compromet la ventilation alvéolaire et les échanges gazeux. Les conséquences néfastes de ces perturbations peuvent aggraver l'insuffisance respiratoire des patients. En France, 50.000 personnes souffrent d'une insuffisance respiratoire grave qui nécessite une mise sous oxygène.

En région Centre, des organismes (principalement ARAIR, ORKYN et VITALAIRE) assurent des prestations de soins à environ 2020 insuffisants respiratoires sévères en mettant à leur disposition différents appareils d'assistance respiratoire.

<sup>33</sup> Extraction du FINESS portant sur le nombre de places et de lits (section "hôpital) des établissements d'hospitalisation, en secteurs public et privé

Une représentation cartographique de cette population est présentée en annexe 4 H3. Il est important de signaler que cette cartographie ne constitue pas un état des lieux mais plutôt une photographie, ceci en raison du changement permanent des patients suivis par ces organismes.

D'après l'observatoire national de la mucoviscidose (I.N.S.E.R.M. unité U155), il existe 236 patients atteints de mucoviscidose en région Centre :

Département	Nombre
Cher	14
Eure et Loir	39
Indre	21
Indre et Loire	59
Loir et Cher	38
Loiret	65

#### F.3.3.4 - Les personnes atteintes de maladies cardiovasculaires

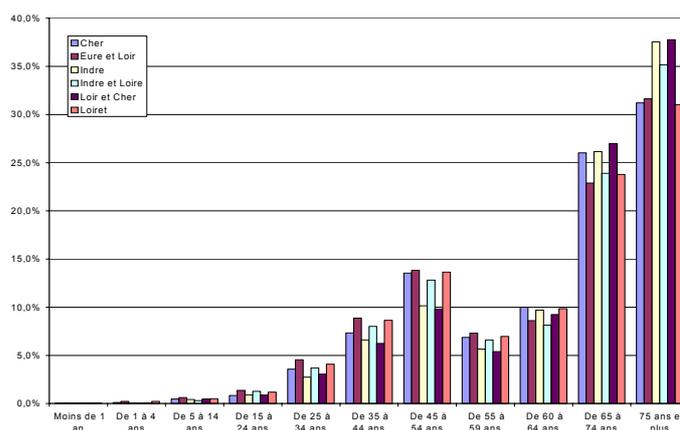
L'exploitation des données de l'I.N.S.E.R.M. et du P.M.S.I. permet d'apprécier respectivement le nombre global de décès et de séjours hospitaliers pour motif cardiovasculaire.

Les données de mortalité pour motif cardio-vasculaire sont représentées en annexe 4 H5.

En 1997, en région Centre, il y a eu 40139 séjours hospitaliers (dont 37185 pour des personnes domiciliées dans la région) pour motif cardio-vasculaire en secteurs public et privé (données P.M.S.I.). Le nombre de séjours de personnes domiciliées en région Centre se faisant soigner hors de la région n'a pas été pris en compte.

Moins de 1 an	De 1 à 4 ans	De 5 à 14 ans	De 15 à 24 ans	De 25 à 34 ans	De 35 à 44 ans	De 45 à 54 ans	De 55 à 59 ans	De 60 à 64 ans	De 65 à 74 ans	75 ans et plus	Total
28	50	173	416	1389	2908	4688	2448	3418	9171	12496	37185

*Répartition départementale en pourcentage et par tranche d'âge des séjours hospitaliers pour motif cardio-vasculaire  
(Finess – 1997 – secteurs public et privé)*



**Il est important de signaler que les données de mortalité et de morbidité pour motif cardiovasculaire sont fournies toutes causes confondues et qu'une partie peut être attribuée à la pollution atmosphérique sans être quantifiable actuellement.**

#### F.3.3.5 - Les sportifs

L'activité sportive accroît la ventilation alvéolaire, dans des proportions variables selon la qualité et l'intensité de l'effort. On peut s'interroger sur l'impact de la pollution de l'air sur les personnes qui sont amenées à avoir journalièrement une activité physique intense.

La caractérisation de cette population peut être effectuée en utilisant les sources de données des organismes possédant des informations administratives (localisation, type d'activité, capacité) sur les lieux d'activité sportive et en les représentant de façon cartographique. La Direction Régionale de la Jeunesse et des Sports (D.R.J.S) dispose de données concernant les établissements ou les lieux où se déroulent des activités sportives. L'échelle de données est actuellement départementale.

La D.R.J.S. engage actuellement un recensement des établissements à l'échelle communale à partir de l'inventaire communal de l'Institut National des Statistiques et des Etudes Economiques (I.N.S.E.E.) afin de constituer une base de données standardisées. Ce recensement sera disponible dans le second semestre 2000.

## **G/ LES EFFETS CONSTATES SUR L'ENVIRONNEMENT, LES CONDITIONS DE VIE ET LE PATRIMOINE EN REGION CENTRE**

Les tableaux de synthèse des connaissances (Cf. pages suivantes) mettent en évidence la quasi-inexistence d'observations et de recherches en région Centre des effets de la qualité de l'air sur l'environnement et le patrimoine bâti.

Cependant, il ne faut pas négliger les études régionales précédemment présentées dont les procédés d'analyse et les résultats pourraient être valorisés ultérieurement..

### **G.1 - Quelques données indicatrices de l'influence de la qualité de l'air sur la flore**

Il apparaît sur les cartes ci-après que les niveaux critiques préconisés par la CEE/ONU en matière de protection des végétaux vis à vis de l'ozone sont dépassés notamment dans le Sud de la région (partie Sud de l'Indre et dans sa partie Nord-Nord-Est (Nord et Est de l'Eure-et-Loir).

Les deux études, réalisées en région Centre, qui utilisent les lichens comme bio-indicateurs de l'air ne permettent pas d'évaluer les impacts de la qualité de l'air sur la flore tel qu'une diminution de la vitalité, une baisse de rendements, etc.

L'étude cartographique de la flore lichénique du site de Chinon met tout de même en évidence l'influence de la qualité de l'air (dépendante des activités pratiquées comme l'agriculture intensive) sur la répartition et la composition de la flore lichénique sur ce site.

### **G.2 - Le manque de données permettant de constater un impact sur la faune**

Aucune étude ni observation n'ont été effectuées sur ce thème en région Centre.

### **G.3 - Les nuisances olfactives en région**

Les enquêtes réalisées auprès des services vétérinaires de chacun des six départements mettent en évidence qu'il existe des nuisances olfactives dues à des activités d'élevages, d'industries agro-alimentaire et autres activités industrielles.

Les données fournies n'indiquent que les communes touchées par des nuisances olfactives dues à des activités dont le type est précisé (la localisation précise des activités générant des nuisances n'est indiquée que dans les données de la DRIRE : annexe 4 D7) ).

### **G.4 - Le manque d'études permettant d'apprécier les impacts sur le patrimoine bâti**

En dehors des recherches déjà citées sur la cathédrale de Tours, on ne peut que constater l'absence de données sur ce sujet.

### **G.5 - CONCLUSION**

La quasi-inexistence d'observations des impacts de la qualité de l'air sur le patrimoine environnemental et bâti de la région Centre peut conforter l'image d'une région peu touchée par la pollution atmosphérique.

Cependant, des recherches réalisées aux échelles internationale et nationale mettent en évidence les impacts conséquents de nombreux polluants sur l'environnement et le patrimoine bâti, notamment sur des sites présents dans des régions dites "non polluées" mais touchés par des pollutions de proximité.

Aussi, les expériences qui ont permis d'établir les seuils de toxicité de certains polluants ont souvent été réalisées sur une seule espèce végétale, dans des conditions spécifiques (chambre à ciel ouvert, humidité du sol non limitée,...) et sur une période donnée.

Afin de préserver le patrimoine environnemental et bâti de la région Centre des effets potentiels de la pollution atmosphérique, il convient de mener des actions de prévention par la mise en place d'outils de recherche et de suivi.

L'état des connaissances des effets des polluants atmosphériques sur l'environnement et le patrimoine bâti est présenté en annexe 14.

## **H/ L'INFORMATION DU PUBLIC**

Par l'article L124-4 du Code de l'environnement, il a été reconnu pour tous « le droit à l'information sur la qualité de l'air, et ses effets sur la santé et sur l'environnement ». Cette démarche résulte d'une large aspiration nationale au droit à l'information.

Le décret du 6 mai 1998 (relatif à la surveillance de la qualité de l'air et de ses effets sur la santé et sur l'environnement, aux objectifs de qualité de l'air, aux seuils d'alertes et aux valeurs limites) et ses déclinaisons réglementaires (arrêtés ministériels des 17 août 1998 et 10 janvier 2000...) ont précisé le cadre de cette nécessaire transparence.,

Cette information doit être la plus complète possible : elle relève donc de la situation de fond (qualité de l'air journalière sur l'ensemble du territoire) mais également des situations dites de « crise » : dépassement de seuils nationaux.

Surtout, elle doit s'inscrire dans la durée : l'Etat reste le garant de l'exercice de ce droit.

Déclinée au niveau régional, la surveillance est assurée par des réseaux agréés de surveillance de la qualité de l'air. Ceux ci garantissent la rigueur et la clarté des résultats édités.

Le Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement a en charge la diffusion des synthèses nationales relatives à la qualité de l'air.

En l'absence de modèles mathématiques, physiques et chimiques suffisamment développés aujourd'hui et du fait de l'impossibilité qu'il y a à recouvrir l'ensemble du territoire d'appareils de mesure, il convient de souligner dès à présent que l'information exhaustive sur la qualité de l'air est impossible en l'état.

### **H.1 - La pollution de fond**

#### **H.1.1 - L'information quotidienne régionale**

LIG' AIR, l'association régionale agréée de surveillance de la qualité de l'air assure la surveillance et la diffusion des résultats de ses mesures par voies de presse (écrite ou radio et audiovisuelle).

Créée en 1996, l'association développe depuis son réseau de surveillance et peut ainsi transmettre un indice atmosphérique (indice ATMO) de la qualité de l'air aux médias pour 4 villes de la région (Tours, Orléans, Bourges et Chartres). Cette information doit être complétée en 2000 et 2001 par l'indice des villes de Blois et Châteauroux.

L'indice ATMO permet de caractériser, sur une échelle de 1 à 10, la qualité de l'air globale d'une agglomération. Il est construit à partir de quatre sous indices pour les indicateurs suivants :

- Dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>)
- Dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>)
- Ozone (O<sub>3</sub>)
- Particules en suspension (PS)

Pour être édité, l'indice ATMO (cf. paragraphe C1 du présent document) doit être composé (depuis 2000) à partir des mesures de ces 4 polluants réalisées sur deux sites au minimum.

Parallèlement à « l'indice ATMO », les résultats des mesures en continu sont disponibles sur le site Internet de l'association ([www.ligair.fr](http://www.ligair.fr)) et ceci pratiquement en temps réel puisqu'une réactualisation des données est effectuée 3 fois par jour.

### **H.1.2 - L'information périodique**

#### **Les bulletins d'information**

Seul réseau agréé de surveillance de la qualité de l'air de la région, LIG'AIR publie des bulletins d'information bimestriel (« le Centre Aéré ») à l'attention de ses adhérents, des collectivités et des associations de la région. Ces informations techniques permettent de faire le point sur les constatations de pollution, les analyses sur certains épisodes de pollution et sur les études en cours.

#### **Les bilans annuels**

Un bilan annuel (rapport d'activités) est publié en juin pour l'année précédente. C'est un relevé complet des mesures réalisées par le réseau. Une analyse des différentes situations rencontrées est faite sur les différentes agglomérations surveillées en tenant compte des normes de la qualité de l'air en vigueur et des situations météorologiques. Des études sur le comportement des polluants mesurés sur la région sont également réalisées afin de mieux comprendre les mécanismes physico-chimiques qui les gouvernent.

### **H.1.3 - L'éducation aux problèmes de pollution**

LIG'AIR intervient dans des conférences publiques pour sensibiliser la population aux problèmes de pollution et les implications directes sur leur vie quotidienne, pour expliquer ses actions et le rôle que lui confère l'Etat en région Centre.

Elle en fait de même dans le milieu scolaire pour éduquer les enfants.

## **H.2 - L'information en cas de crise (alerte à la pollution)**

Par une circulaire en date du 18 janvier 1997, Madame la ministre de l'environnement soulignait l'importance de l'information immédiate du public en cas de dépassement de niveaux d'alerte ou de valeurs limites. Elle introduisait par ailleurs la notion de « prévision » des dépassements.

Le choix des cibles et des moyens à mettre en œuvre s'inscrit dans toute stratégie de communication. Ces points sont particulièrement importants lorsqu'il s'agit, comme pour la qualité de l'air, de la santé du public.

Des arrêtés préfectoraux précisent pour quatre de nos départements, les dispositions techniques et d'information à mettre en place en cas d'épisodes de pollution.

- du 15 janvier 1998 pour l'agglomération tourangelle,
- n° 99-34 du 16 juillet 1999 pour l'agglomération orléanaise,
- n° 242 du 2 mars 2000 pour Chartres, Lucé, Luisant et Mainvilliers.
- n° 2001.1.090 du 24 janvier 2001 pour l'agglomération de Bourges.

Ces arrêtés précisent l'organisation et les missions des services de l'Etat en cas de dépassement de seuils. Ils fixent également la teneur des messages délivrés au public lors de ces mêmes épisodes de pollution.



**CREPAC**  
 Arrêté du 30 août 1999  
 Première réunion le 24 septembre 1999  
 Fin de la phase 1 : séance du 15 mars 2000  
 Fin de la phase 2 : séance du 23 novembre 2000

