

ÉTAT DES LIEUX

1. PRESENTATION DE L'ETUDE CITEPA

Le Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique (le CITEPA), dépendant du Ministère de l'Environnement, a réalisé un inventaire des émissions des principaux polluants atmosphériques qui entre dans le cadre de l'élaboration des PRQA. Cette étude, basée sur des données de l'année civile 1994, porte sur les six substances suivantes : SO₂, NO_x, COV, CO, CO₂, NH₃. En outre, elle présente l'intérêt de couvrir l'ensemble du territoire national.

Les résultats au niveau régional sont fournis sous forme de cartes, de tableaux et de diverses analyses notamment relatives aux grands secteurs économiques ; ils sont donnés à l'échelle de l'arrondissement administratif et distinguent également les unités urbaines de plus de 100 000 habitants ; soit pour le Limousin : Limoges, ainsi que les autoroutes et routes nationales.

La méthode d'estimation des émissions sur laquelle s'est basé le CITEPA peut être grossièrement résumée par la formule suivante :

$$E = A \times F$$

E : représente l'émission relative à une substance et à une activité données,

A : correspond à une quantité d'activité,

F : est le facteur d'émission relatif à la substance et à l'activité considérées.

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.

1.1 Emissions en Limousin

Tableau 6 : **Emissions en kilotonnes(10³ tonnes)
des différents polluants atmosphériques**

	SO ₂	NO _x	COV	CO	CO ₂	NH ₃
FRANCE TOUS SECTEURS	1 042	1 723	2 866	9 643	417	752
LIMOUSIN TOUS SECTEURS	5,8	20	51,2	106,5	4,7	19
% / FRANCE	0,6 %	1,2 %	1,8 %	1,1 %	1,1 %	2,5 %

Il convient ici de rappeler quelques points de repères concernant la région :

Le Limousin représente :

- 3,1 % du territoire national en superficie,
- 1,2 % de la population nationale,
- 1,0 % du PIB national.

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 SO₂, normale pour les NO_x, CO et CO₂, un peu plus élevée pour les COV et les NH₃. Les émissions de COV sont dues essentiellement à la sylviculture bien développée en Limousin. Les émissions d'ammoniac correspondent aux activités liées à l'élevage, également bien développé en Limousin.

1.2 Emissions par secteur d'activité

Tableau 7 : **Contributions aux émissions des différents polluants, exprimées en pourcentage, des secteurs d'activité sur le Limousin reconnus par le CITEPA**

SECTEURS D'ACTIVITE	SO ₂	NO _x	COV	CO	CO ₂	NH ₃
EXTRACTION ET TRANSFORMATION D'ENERGIE	5,3	0,3	1,5	0,0	0,8	0,0
RESIDENTIEL, TERTIAIRE, COMMERCIAL, INSTITUTIONNEL	21,8	5,1	8,9	19,9	30,4	0
INDUSTRIE ET TRAITEMENT DECHETS	38,3	12,2	16,7	2,9	34,8	0,0
AGRICULTURE ET SYLVICULTURE	3,6	16,2	40,9	7,1	3,6	99,6
TRANSPORTS ROUTIERS	30,1	64,7	26,6	69,5	29,6	0,2
TRANSPORTS NON ROUTIERS	0,8	1,5	0,5	0,5	0,9	0,0
AUTRES SECTEURS, NATURE COMPRISE	0,0	0,0	4,9	0,0	0,0	0,0
	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

On constate que le transport routier constitue un secteur d'émission prépondérant pour les NO_x, et le CO est très significatif pour le SO₂ et le CO₂. Les COV et surtout le NH₃ sont émis respectivement par la sylviculture et l'agriculture. La part de l'industrie est significative pour le SO₂ et le CO₂.

1.3 Evolution des rejets en LIMOUSIN

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 SO₂ (- 17 %), les COV (- 5 %), les CO (- 36 %), le CO₂ (- 40 %) ; elles auraient augmenté en ce qui concerne le NH₃ (+ 5 %).

2. LES EMISSIONS DU SECTEUR INDUSTRIEL

En Limousin, les installations émettrices de polluants atmosphériques sont principalement :

- Des industries du papier carton.
- Des industries du traitement des métaux.
- Des usines d'incinération d'ordures ménagères.
- Des chaufferies.
- Et quelques industries diverses.

2.1 Emissions des établissements soumis à la taxe parafiscale sur la pollution atmosphérique

2.1.1 Critères d'assujettissements

Sont soumises à la taxe parafiscale :

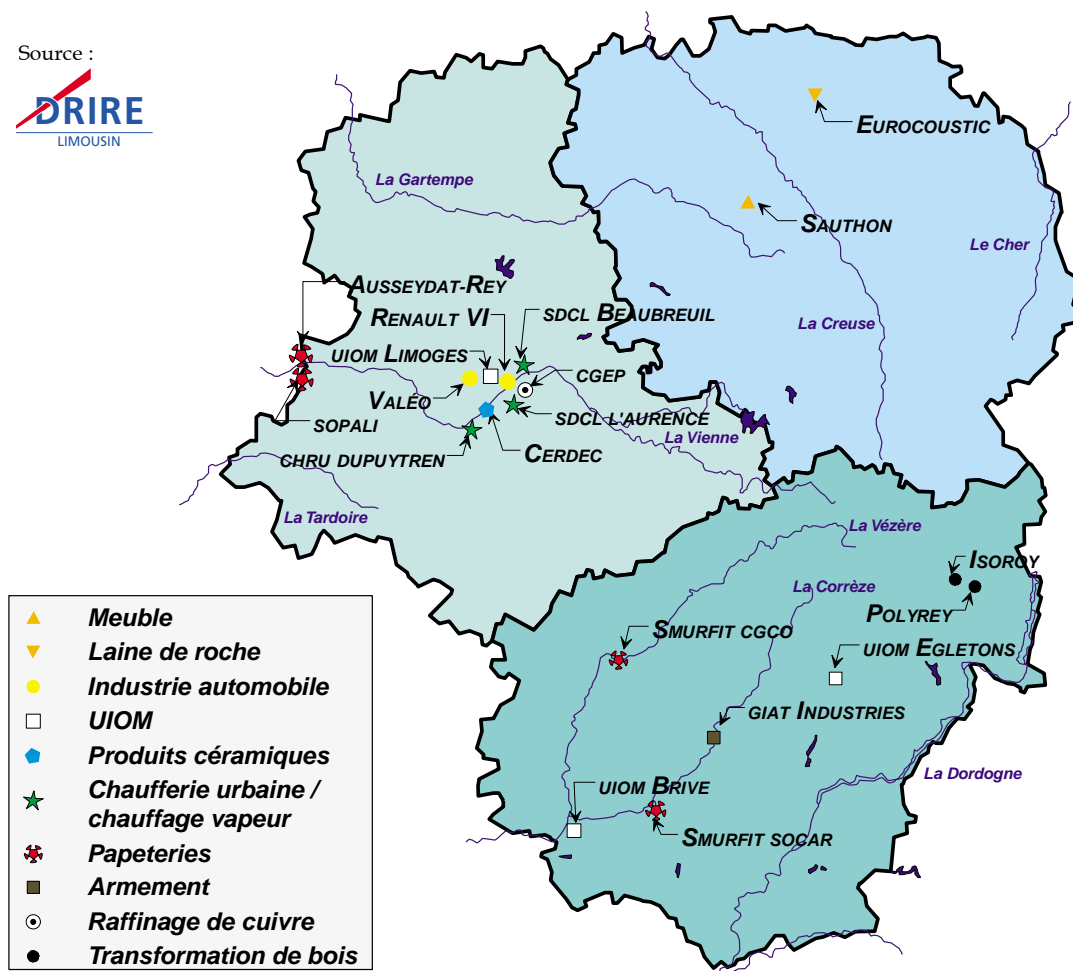
- Les installations de combustion supérieures ou égales à 20 MW
- Les installations d'incinération d'ordures ménagères supérieures ou égales à 3 tonnes/ heure
- Les installations rejetant plus de 150 tonnes/ an :
 - De composés soufrés.
 - De composés oxygénés de l'azote.
 - D'acide chlorhydrique.
 - De composés organiques volatiles.

Tableau 8 : **Emissions en 1998 des dix neuf entreprises concernées en Limousin**

DEP	ETABLISSEMENTS CONCERNES UNITÉS	COMMUNES	ACTIVITES	CRITERES D'ASSUJETTISSEMENT	COV	HCL	NOx	PS	SOx
					t/an	t/an	t/an	t/an	t/an
19	GIAT Industries	Tulle	Armement	Combustion > 20 MW			6		55
19	Polyrey	Ussel	Transformation de bois	Combustion > 20 MW	15		114	55	45
19	Isoroy	Ussel	Transformation de bois	Combustion > 20 MW NO + NO ₂ > 150t/an			105		24
19	Smurfit CGCO	Uzerche	Papiers cartons	SO _x > 150 t / an			32		310
19	Smurfit SOCAR	Dampniat	Papeterie	SO ₂ > 150 t / an			27		245
19	UIOM Brive- la-Gaillarde	St-Pantaléon- de-Larche	UIOM	UIOM > 3 t / h	1	1	68	0	58
19	UIOM Egletons	Egletons	UIOM	UIOM > 3 t / h	1	5	85	11	3
23	Eurocoustic	Genouillac	Laine de roche	Combustion > 20 MW	10		34	71	156
23	Sauthon	Guéret	Meubles	COV : 183 t	183				
87	Ausseydat-Rey	Saillat-sur- Vienne	Papeterie	Combustion > 20 MW - NO _x			745	179	97
87	Cerdec	Limoges	Produits céramiques	Combustion > 20 MW	105		8		13
87	CGEP	Le Palais-sur- Vienne	Raffinage cuivre	Combustion > 20 MW	11	5	29	1	26
87	CHRU Dupuytren	Limoges	Chauffage + vapeur	Combustion > 20 MW			17		1
87	Renault VI	Limoges	Véhicule	Combustion > 20 MW	41		19		64
87	SDCL- Beaubreuil	Limoges	Chaufferie urbaine	Combustion > 20 MW			1		4
87	SDCL- L'Aurence	Limoges	Chaufferie urbaine	Combustion > 20 MW			28		25
87	SOPALI	Saillat-sur- Vienne	Papiers cartons	Combustion > 20 MW			67		0,26
87	UIOM Limoges	Limoges	UIOM	UIOM > 3 t / h	2	16	92	10	21
87	Valéo	Limoges	Industrie automobile	Combustion > 20 MW - COV	716		4	4	7
TOTAL					1085	27	1481	331	1154

Carte A : **Etablissements émetteurs industriels soumis à la TPPA en 1998**

Source :

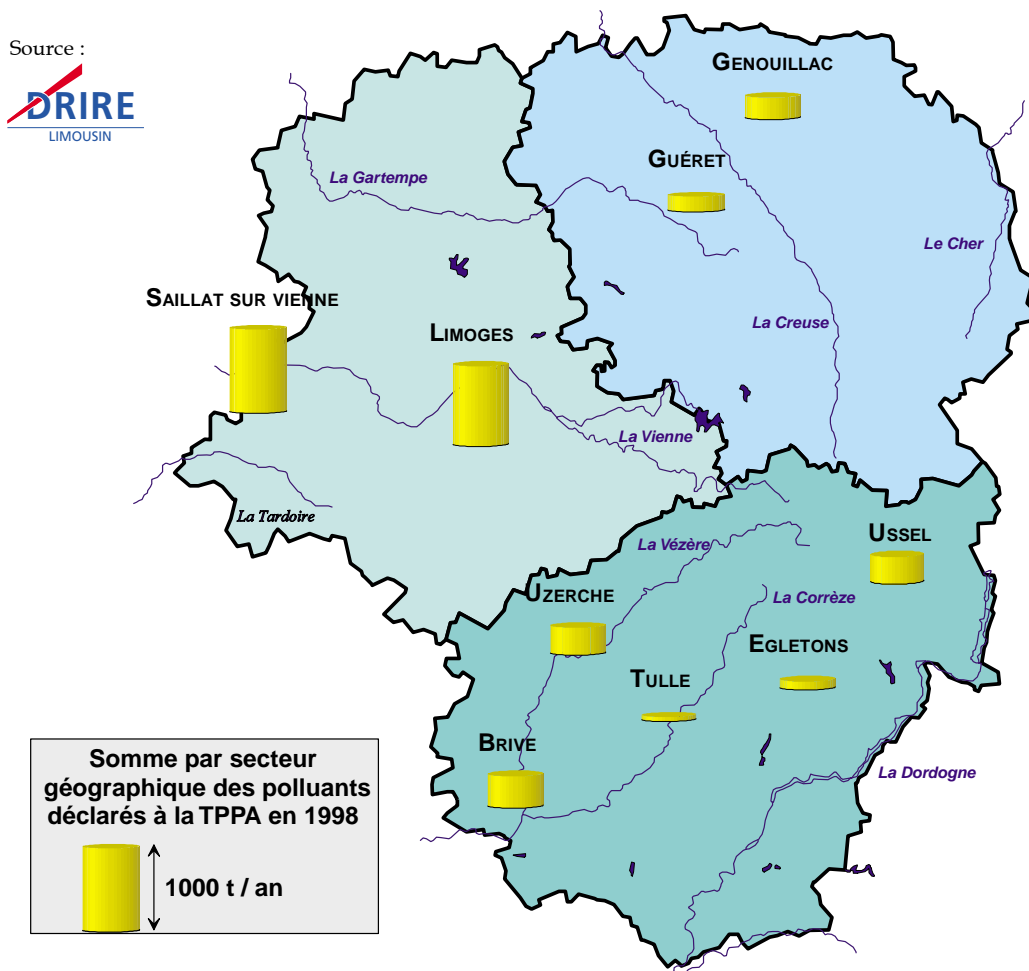


2.1.4 Les valeurs d'émissions par secteurs géographiques en 1998

Tableau 9 : **Valeurs d'émissions par secteurs géographiques en 1998**

SECTEUR INDUSTRIEL	COV t/an	HCl t/an	NO _x t/an	POUS t/an	SO _x t/an	SOMME DES POLLUANTS PAR SECTEUR t/an
SECTEUR TULLE	0	0	6	0	55	61
SECTEUR EGLETONS	1	5	85	11	3	105
SECTEUR GUERET	183	0	0	0	0	183
SECTEUR GENOUILLAC	10	0	34	71	156	271
SECTEUR UZERCHE	0	0	32	0	310	342
SECTEUR BRIVE-LA-GAILLARDE	1	1	95	0	303	400
SECTEUR USSEL	15	0	219	55	69	358
SECTEUR SAILLAT SUR VIENNE	0	0	812	179	98	1089
SECTEUR LIMOGES	876	21	198	15	160	1270
TOTAL	1086	27	1480	331	1154	4078

Carte B : Valeurs d'émissions par secteurs géographiques en 1998



2.1.5 Evolution par polluant des émissions des établissements concernées par la TPPA

UNITES : t / an

ANNEES	1994	1995	1996	1997	1998
COMPOSES ORGANIQUES VOLATILES (COV)	195	801	804	853	1086
CHLORURE D'HYDROGENE (HCL)	446	589	265	74	27
OXYDE D'AZOTE (NO _x)	1523	1346	1460	1465	1480
PARTICULES EN SUSPENSION PS	402	601	491	318	331
OXYDE DE SOUFRE (SO _x)	1654	855	1058	956	1154

Graphique 1 : Evolution par polluant des émissions des établissements concernés par la TPPA

● Evolution des rejets en SOx :

Stabilité relative de l'ensemble des rejets par rapport à l'année 1997.

Baisse des rejets de CGEP

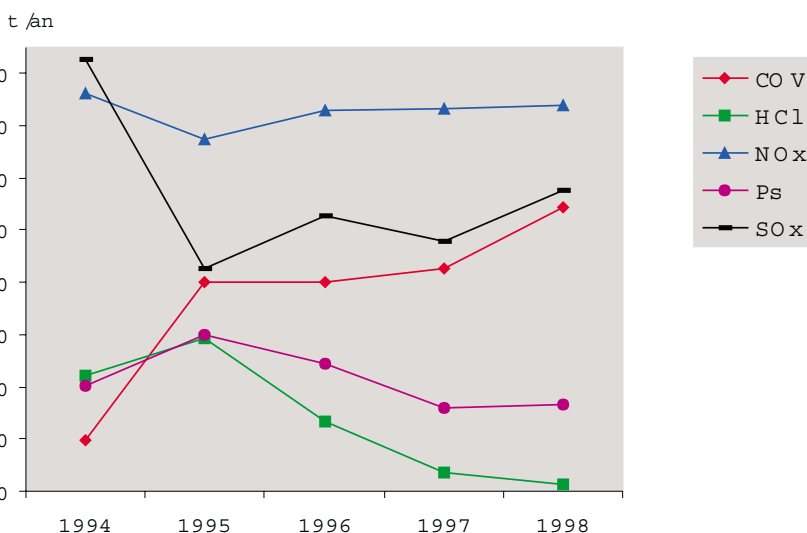
(diminution de l'activité)

Hausse des rejets de

Smurfit CGCO (augmentation de production) et de

Smurfit SOCAR (chaudière au fuel utilisée toute l'année).

Prise en compte du rejet d'une entreprise supplémentaire, Polyrey à Ussel.



● Evolution des rejets en COV :

Augmentation de l'ensemble des rejets par rapport à l'année 1997, suite à l'augmentation d'activité de Valéo et à la prise en compte des rejets de deux entreprises supplémentaires, Polyrey à Ussel et Sauthon à Guéret.

● Evolution des rejets en HCl :

Baisse de l'ensemble des rejets par rapport à l'année 1997 due essentiellement à la diminution du rejet de l'UIOM de Brive, suite à la mise en service en 1997 d'un nouveau système de traitement des fumées et à la diminution du rejet de l'UIOM de Limoges en raison de l'amélioration en 1998 du traitement des fumées.

● Evolution des rejets en NOx :

Stabilité relative de l'ensemble des rejets par rapport à l'année 1997.

Diminution des rejets de l'entreprise Isoroy consécutive à un arrêt prolongé des installations pour entretien.

Prise en compte du rejet d'une entreprise supplémentaire, Polyrey à Ussel.

● Evolution des rejets en Ps :

Stabilité relative de l'ensemble des rejets par rapport à l'année 1997.

Baisse sensible du rejet de l'UIOM de Brive qui s'explique par le système de traitement des fumées mis en place en 1997.

Prise en compte du rejet d'une entreprise supplémentaire, Polyrey à Ussel.

2.2 Emissions industrielles globales

2.2.1 Inventaire CITEPA 1994

Industrie et traitement des déchets (t/ an en 1994)

SO ₂	NO _x	COV	CO	NH ₃	CO ₂
2 207	2 433	8 532	3 076	40	1 649

2.2.2 Part relative des établissements soumis à la TPPA

SO ₂	NO _x	COV
1154 / 2207 = 52 %	1480 / 2422 = 61 %	1086 / 8532 = 13 %

On constate que la contribution des établissements soumis à la TPPA est prépondérante pour les SO₂ (52 %) et pour les NO_x (61 %). Elle est beaucoup moins représentative pour les COV (13 %).

2.2.3 Etude régionale sur les COV réalisée en 1996

Les COV (Composés Organiques Volatils) sont l'ensemble des hydrocarbures d'origine humaine, excepté le méthane, capables, en présence d'oxydes d'azote et de lumière de produire des polluants photochimiques.

Précurseurs photochimiques de l'ozone, les COV sont fortement impliqués directement ou indirectement, dans les phénomènes de pollution atmosphérique.

Par ailleurs, les COV présents dans l'atmosphère de certains ateliers sont à des degrés divers, irritants pour la peau et les muqueuses et dépresseurs pour le système nerveux central.

L'ADEME a fait réaliser en 1996 une étude sur les émissions industrielles de composés organiques volatiles en Limousin. (Source : Etude réalisée par Technitherm en 1996) L'étude fait ressortir un niveau de pollution industrielle par les COV pour la région Limousin de l'ordre de 2 400 T/ an.

Tableau 10 : **Résultats de l'étude régionale sur les COV**

	COV NON CHLORES (t/ an)	COV CHLORES (t/ an)
CORREZE	372	78
CREUSE	309	3
HAUTE VIENNE	598	584
INDETERMINES	271	185
TOTAL	1550	850

Les points marquants à souligner sont :

- Un niveau de pollution par les COV totaux (COV non chlorés + COV chlorés) relativement faible.
- Une part importante de COV chlorés : 35 % de la pollution globale des COV, soit un pourcentage sensiblement deux fois celui du ratio national.

La part des indéterminés correspondent à un ratio calculé pour évaluer la part relative qui n'a pu être localisée grâce à l'étude.

On peut estimer que la contribution des différents secteurs d'activité est la suivante :

COV non chlorés	40 % emballage/ impression
	15 % meubles
	10 % caoutchouc/ plastiques
	35 % autres activités
COV chlorés	70 % industrie mécanique
	20 % industrie électrique
	10 % autres activités

Outre ces éléments statistiques, il doit être considéré la répartition entre :

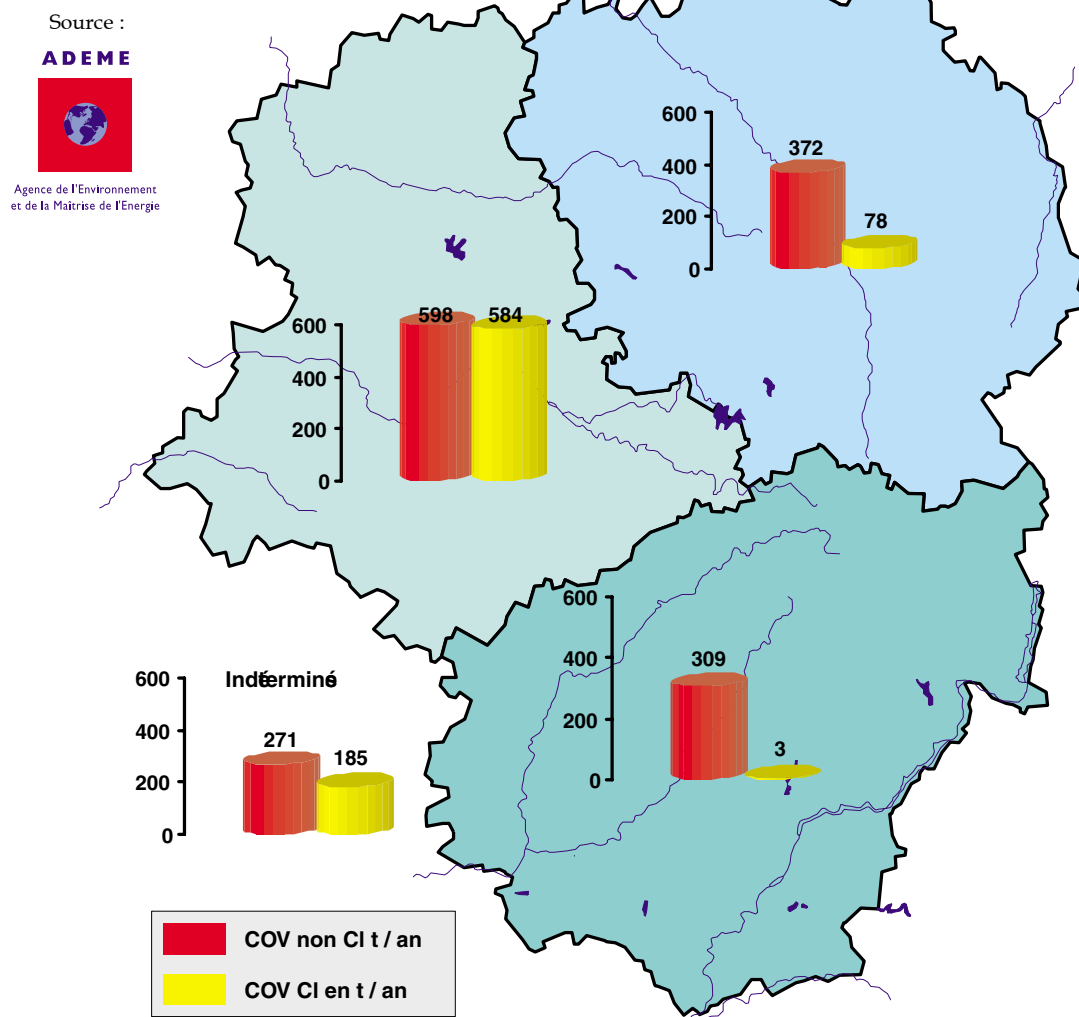
1. les émissions fugitives à l'origine de risques de santé dans les ateliers
2. les émissions captables et traitables.

La connaissance de cette répartition incite à la réalisation par les entreprises de bilans sous forme de « plan solvant ».

2.2.4 Emissions industrielles de composés organiques volatiles en Limousin.

(Source : Etude réalisée par Technitherm en 1996)

Carte C : Emissions industrielles de composés organiques volatiles en Limousin



Indéterminés : Estimation révélant que l'enquête n'a pas permis la localisation de 271 t/an de COV non chlorés et de 185 t/an de COV chlorés.

2.3 Emissions par secteurs industriels

Tableau 11 : **Emissions par secteurs industriels**
(Données : inventaire CITEPA 1994), (t / an en 1994)

	BOIS	MATERIEL DE TRANSPORT	METALLURGIE METAUX NON FERREUX	PAPIER EDITION IMPRIMERIE	MINERAUX NON METALLIQUES	TRAITEMENT DES DECHETS	AUTRES SECTEURS INDUSTRIELS
SO ₂	186	45	21	963	152	252	587
NO _x	125	16	33	1 078	40	194	947
CO	2	17	/	788	116	107	2 045
CO ₂	10	11	/	704	423	120	380

On peut noter l'importance de la contribution du secteur « papier, édition, imprimerie ».

PLASTIQUE CAOUTCHOUC	BOIS	MATERIEL DE TRANSPORT	METALLURGIE METAUX NON FERREUX	PAPIER - EDITION IMPRIMERIE	CONSTRUCTION	MINERAUX NON METALLIQUES	METALLURGIE METAUX FERREUX	CHIMIE	AGRO-ALIMENTAIRE	TRAITEMENT DES DECHETS	AUTRES SECTEURS INDUSTRIELS
231	3735	724	15	691	1368	5	2	118	285	206	1157

On peut noter l'importance de la contribution du secteur « bois ».

	TRAITEMENT DES DECHETS	AUTRES SECTEURS INDUSTRIELS
NH ₃	19	21

2.4 Emissions par département

Tableau 12 : **Emissions par département**
(Source : inventaire CITEPA 1994), (t / an en 1994)

	HAUTE-VIENNE	CORREZE	CREUSE
SO ₂	1 399	637	171
NO _x	1 716	625	92
COV NM	3 806	3 080	1 647
CO	1 314	1 569	191
NH ₃	19	14	7
CO ₂	1 268	325	54

La répartition de l'industrie entre les trois départements apparaît nettement.

3. LES EMISSIONS DU SECTEUR TERTIAIRE ET RESIDENTIEL

3.1 Urbanisme (source CITEPA)

Ce secteur regroupe 22% des émissions de SO₂, 20% des émissions de CO et 30% des émissions de CO₂.

Pour le SO₂, les émissions sont réparties de manière assez égales entre les sous-secteurs tertiaire, institutionnel et résidentiel. Pour les autres polluants, le sous-secteur résidentiel prend une part prépondérante dans les émissions.

On note la part importante pour l'ensemble des polluants de l'unité urbaine de Limoges (24 % de la population de la région).

3.2 Les consommations de combustibles en Limousin

Les émissions du secteur tertiaire et résidentiel sont dues essentiellement aux consommations de combustibles nécessaires au chauffage.

La situation des consommations de combustibles en Limousin a été évaluée précisément lors d'une étude menée par le BET explicit, à partir de données de 1990. Des données complémentaires sont fournies par le CEREN (enquête 1996).

Tableau 13 : **Consommations des secteurs résidentiel et tertiaire en Limousin (données en KTEP/an)**

COMBUSTIBLE	CONSOMMATIONS
FIOUL	160
GAZ	170
BOIS	240
ELECTRICITE	300
TOTAL	870

Ces différents combustibles ont chacun une incidence différente sur les émissions atmosphériques. On peut retenir les ratios suivants (en pratique, l'émission dépend largement du matériel de chauffe utilisé et de la qualité de son entretien. Sont proposés ici des ratios théoriques, qui ne concordent pas forcément avec d'autres sources d'information, dont le rapport CITEPA). Les émissions en CO, NO_x, particules en suspension et autres gaz sont très dépendantes des chaudières considérées. Par conséquent, elles n'ont pas été estimées.

Tableau 14 : **Ratios d'émissions par combustibles (données en t / KTEP)**

COMBUSTIBLE	CO ₂ (CONTRIBUTIF A L'EFFET DE SERRE)	SO ₂
FIOUL	3000	40
GAZ	2500	ε
BOIS	0	0
ELECTRICITE	1000	20

L'utilisation de ces ratios permet d'évaluer les émissions atmosphériques théoriques dues au secteur tertiaire et résidentiel de la manière suivante :

Tableau 15 : **Emissions atmosphériques théoriques (données en milliers de t / an)**

COMBUSTIBLE	CO ₂ (CONTRIBUTIF A L'EFFET DE SERRE)	SO ₂
FIOUL	500	6
GAZ	400	ε
BOIS	0	0
ELECTRICITE	300	6
TOTAL	1200	12

4. LES EMISSIONS DES SOURCES MOBILES

4.1 L'air et ses polluants généralisés

En France, la contribution totale des transports dans les rejets atmosphériques dus aux activités humaines s'élève à environ : (Données pour l'année 1995)

63 % des oxydes d'azote (NO_x),

59 % du monoxyde de carbone (CO),

45 % des particules en suspension, dont les effets nocifs sur la santé sont désormais avérés,

42 % des composés organiques volatils non méthaniques (COVNM),

39 % du gaz carbonique (CO₂), qui intervient à lui seul pour plus de la moitié dans l'accroissement de l'effet de serre lié aux activités humaines et dont les rejets dus au trafic routier ont augmenté de 35 % ces dix dernières années.

La contribution du mode ferroviaire à ces divers rejets est, pour chacun d'eux, inférieure à 0,8 %, alors que ses parts de trafic sont de l'ordre de 20 % en fret et de 8 % en voyageurs. La contribution du mode routier est, quant à elle comprise, selon les rejets, entre 94 % et 99 %, pour des parts de trafic comprises entre 70 et 80 % (Source : Centre interprofessionnel technique d'étude de la pollution atmosphérique - CITEPA - Etude « Coralie » de 0511997).

4.2 Transports routiers (source CITEPA)

Ce secteur représente 30 % des émissions de SO₂, 65 % des émissions de NO_x, 27 % des émissions de COVNM, 70 % des émissions de CO et 30% des émissions de CO₂.

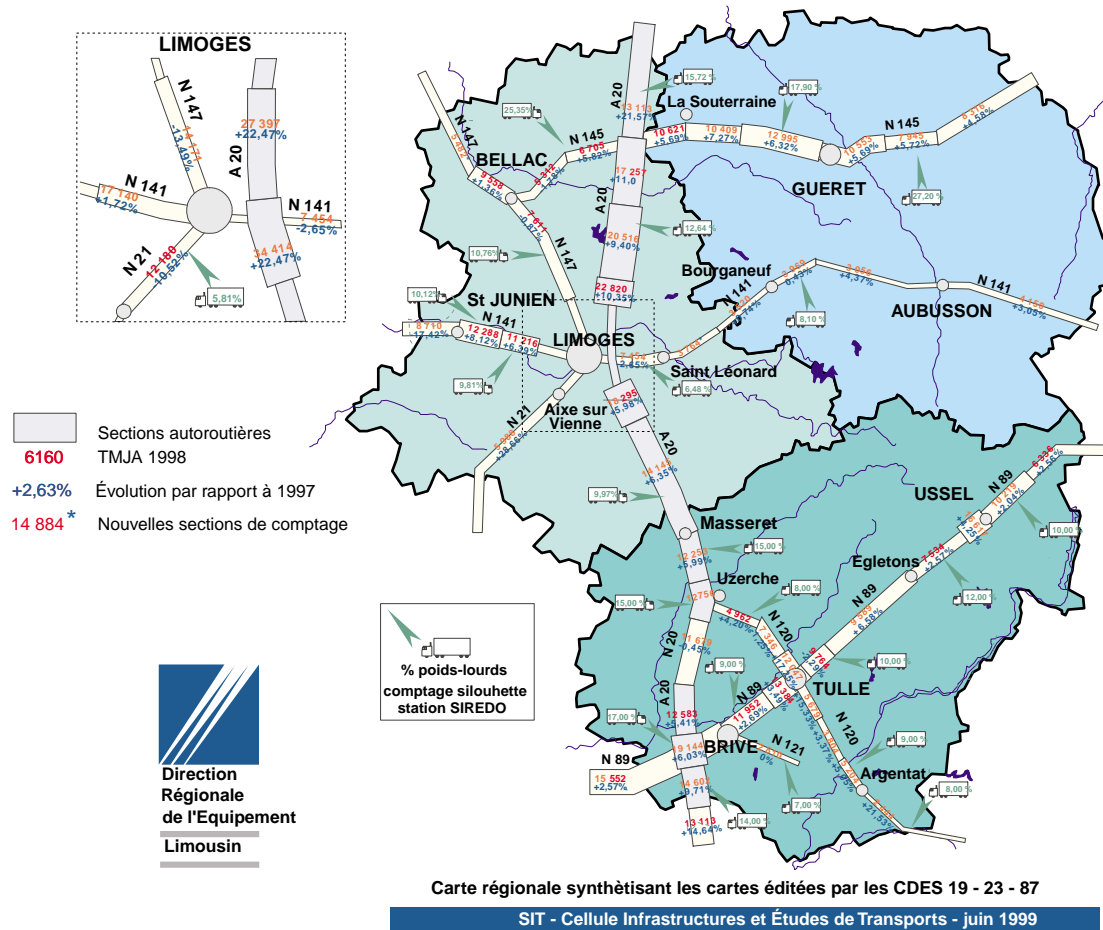
Pour ce secteur, l'unité urbaine de Limoges concentre 13% des émissions de NO_x, 22 % des émissions de COVNM et 30 % des émissions de CO. Dans l'unité urbaine, la contribution des transports par rapport à l'ensemble des secteurs est respectivement aux trois substances ci-dessus de 77 %, 49 % et 80 %. Cette prépondérance s'explique à la fois par des trafics importants, mais aussi par des facteurs d'émissions plus élevés à faible vitesse (cas du CO et des COVNM pour les véhicules à essence non catalysés).

La A 20, dans l'unité urbaine de Limoges, est le plus fort émetteur pour le SO₂ et les NO_x, (5 t / km de SO₂ et 37 t / km de NO_x).

Le CO provient essentiellement des véhicules à essence (90 % pour les véhicules particuliers et les véhicules utilitaires légers).

Sur autoroute, la moitié des émissions de SO₂ proviennent des poids lourds diesel.

Carte D : **Trafics mesurés en 1997 dans la région**



5 LES EMISSIONS DU SECTEUR AGRICOLE - SYLVICOLE

Ce secteur d'activité est impliqué dans les pollutions atmosphériques, dans des proportions moins grandes toutefois que d'autres secteurs d'activité.

Les pratiques agricoles peuvent être à l'origine d'émissions d'ammoniac notamment, qui jouent le rôle plus déterminant dans les pollutions acides. Les activités agricoles et sylvicoles nécessitent également l'utilisation de produits phytosanitaires qui peuvent contribuer à une pollution de l'air.

5.1 Les émissions du secteur agricole:

5.1.1 Les émissions d'ammoniac :

Les émissions d'ammoniac (NH₃) d'origine agricole sont liées :

- À l'élevage : la production animale, par l'intermédiaire des lisiers et de l'épandage des déjections, contenant de l'urée, est une source d'ammoniac dans l'atmosphère.
- À l'utilisation d'engrais azotés minéraux, mais qui est une source mineure d'émission : globalement, on estime que les déjections animales contribuent pour 80 % aux émissions de NH₃ et 20 % à l'utilisation des engrais azotés.

Ces émissions peuvent être à l'origine de dépôts secs ou humides. L'ammoniac émis vers l'atmosphère retombe en partie à proximité des lieux d'émission, retenu par les feuillages, les sols, les eaux de surface. L'autre partie peut parcourir de longues distances avant de retomber sous diverses formes.

« On estime qu'en France, les apports d'azote d'origine atmosphérique peuvent aller selon les sites de 2 à 50 kg Azote/ha/an. Il faut rappeler que comparativement en agriculture, les apports d'azote par les engrais sont compris entre 100 et 400 kg/Azote/ha » (Source : « La pollution atmosphérique agricole - Pollution du XXI^{ème} siècle » - INRA).

D'après l'inventaire 1994 du CITEPA, les émissions dans l'atmosphère au niveau de la région du Limousin seraient de 19 000 tonnes de NH₃ dont approximativement 1000 tonnes provenant des épandages d'engrais minéraux et 18 000 tonnes dues aux déjections animales. Ainsi la région Limousin représenterait 2,5 % des émissions de NH₃ en France (Métropole + DOM). L'agriculture est responsable de la quasi totalité des émissions de NH₃ (99,6 %). (Les méthodes de calculs des émissions d'ammoniac sont expliquées en annexe n°V dans la « Note sur les émissions de NH₃ d'origine agricole dans le Limousin » du CITEPA en date de septembre 98).

Ces chiffres mériteraient cependant d'être affinés en considérant les quantités d'engrais effectivement utilisées au niveau régional. Le tableau ci-dessous indique clairement que les quantités de fertilisants utilisées en Limousin sont très inférieures à la moyenne nationale. Or ceci n'est pas pris en compte dans les calculs du CITEPA.

Tableau 16 : Pression azotée et phosphatée (engrais minéraux achetés)

D'après les livraisons d'engrais 1997-98 de l'UNion des Industries de la Fertilisation (UNIFA)
Période: du 1^{er} mai 1997 au 30 avril 1998 ou du 1^{er} juin 1997 au 31 mai 1998

ELEMENTS FERTILISANTS	LIMOUSIN	FRANCE
AZOTE	26 kg/ha de SAU	126 kg/ha de SAU
PHOSPHATE	17 kg/ha de SAU	52 kg/ha de SAU
POTASSIUM	23 kg/ha de SAU	72 kg/ha de SAU

5.1.2 Les autres émissions mentionnées par l'étude du CITEPA:

D'après l'inventaire du CITEPA, le secteur de l'agriculture et de sylviculture est également à l'origine d'une partie des émissions :

- De composés organiques volatils non méthaniques (COVNM), pour 41 % des émissions régionales. Ces émissions proviennent pour 93 % des sources biogéniques de la sylviculture.
- De dioxydes d'azote (NO₂), pour 16 % des émissions régionales ; les oxydes d'azote sont libérés lors du processus de transformation de l'azote dans le sol.

Les composés organiques volatils et les oxydes d'azote sont des précurseurs de l'ozone.

5.1.3 Les produits phytosanitaires :

L'usage des produits phytosanitaires dans les pratiques agricoles et sylvicoles, mais aussi dans la gestion des espaces verts en usage domestique ou pour l'entretien des routes et voies ferrées, etc., est une source significative d'émissions de contaminants, y compris vers l'atmosphère.

Il existe une grande variété de produits, répartis en 3 grandes catégories : herbicides, fongicides et insecticides. Ces produits sont considérés comme polluants pouvant être à

l'origine de contamination du milieu lorsqu'ils sont entraînés sous l'action de facteurs climatiques, et pouvant avoir des effets sur les équilibres écologiques, et sur la santé lorsqu'ils sont respirés directement ou lorsqu'ils sont introduits dans la chaîne alimentaire. Ces produits peuvent être à l'origine d'une contamination des sols ou des eaux par ruissellement de surface, lessivage et infiltration ; ces phénomènes sont bien connus. La contamination de l'air par les produits *phytosanitaires* est plus difficile à évaluer.

Ces produits peuvent se retrouver dans l'atmosphère de plusieurs manières :

- Principalement par volatilisation des molécules.
- Ou par entraînement des produits lors des applications, cependant ce risque est limité par une bonne adaptation du produit, de la dose et du matériel d'application. Des actions de sensibilisation sont menées dans la région par les chambres d'agriculture dans le cadre des opérations « phyto-mieux » ou lors de campagnes de réglages de pulvérisateurs et atomiseurs.

Les produits libérés dans l'atmosphère peuvent être dégradés ou être redéposés à la surface du sol, des végétaux ou de l'eau, sous forme sèche ou humide (pluie). Des études ont montré une diminution de la concentration en pesticides au cours d'une pluie, ce qui corrobore l'hypothèse de rinçage de la pollution de l'air par l'eau de pluie.

Des études ont également montré un effet « bruit de fond » de la pollution de l'atmosphère par les produits *phytosanitaires*.

Par analogie avec un classement des molécules selon leur risque de transfert vers les eaux de rivières, différents produits *phytosanitaires* ont été classés suivant leur risque de transfert dans l'atmosphère, afin d'identifier les plus intéressantes à suivre dans les eaux de pluie. Etant donné qu'il n'existe pas encore de données en Limousin sur d'éventuelles concentrations dans l'air de produits *phytosanitaires* utilisés régionalement ou transportés depuis d'autres régions, il serait intéressant de pouvoir utiliser cette classification pour l'analyse des eaux de pluies de façon à évaluer la situation régionale.

5.2 Le pouvoir d'absorption de la végétation - L'effet « puits de CO₂ » :

Ce secteur d'activité peut également avoir un impact positif sur la qualité de l'air du fait du pouvoir d'absorption de certains polluants par la végétation, et plus particulièrement de l'effet puits de carbone (CO₂) joué par la forêt.

Le CO₂ est un gaz à effet de serre. Les émissions françaises nettes de CO₂ sont estimées à 345 Mt/ an (1990). L'objectif pour la France dans le cadre des négociations de la CEE est la stabilisation, d'ici 2010, au niveau de 1990 (source ADEME). Cette stabilisation suppose de maîtriser ou de compenser l'accroissement courant des émissions.

L'extension des boisements permettrait d'augmenter la fixation du carbone : la fixation annuelle est estimée à 10 t de CO₂ par ha boisé pour la biomasse aérienne, la durée de vie d'un peuplement étant de 60 ans (source ADEME).

En Limousin, la forêt est déjà très développée et une augmentation des surfaces plantées est peu envisageable. La contribution du Limousin au stockage de CO₂ réside plutôt dans le renouvellement des massifs forestiers existants. Cependant, l'impact des actions envisagées au niveau régional sur le phénomène mondial qu'est l'augmentation de l'effet de serre est à relativiser : les grandes déforestations qui se pratiquent sur la planète sont d'une autre échelle.

L'utilisation du bois en construction implique également une économie d'énergie par rapport à la fabrication et la mise en œuvre du béton ou de l'acier, et la possibilité de valoriser le potentiel énergétique en fin de vie.

6. LES EMISSIONS NATURELLES : LE RADON

Depuis toujours, l'Homme est exposé à des rayonnements ionisants issus de sources naturelles diverses et le radon représente une part importante de ces sources.

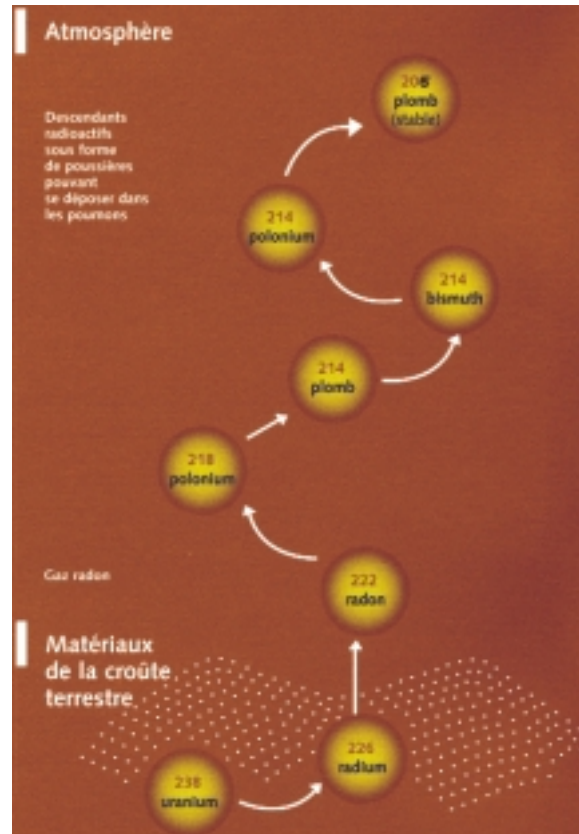
Dans les trois familles radioactives naturelles de l'uranium 238, de l'uranium 235 et du thorium 232, les isotopes 219, 220, 222 du radon se forment par désintégration alpha de leur père, le radium. La période radioactive de l'isotope 219 étant d'environ 4 secondes et celle de l'isotope 220 d'environ 56 secondes, le terme « Radon » représentera uniquement l'isotope 222.

6.1 Qu'est-ce que le radon ?

Le radon est un gaz radioactif naturel, inodore et incolore. Élément de numéro atomique $Z = 86$, le radon fait partie dans la classification de Mandeleïv, des gaz rares. Son symbole est ^{222}Rn et sa période radioactive est de 3,8 jours. Il est issu du radium 226, lui-même issu de la désintégration de l'uranium contenu dans l'écorce terrestre.

En se désintégrant par émission alpha, le radon donne naissance à des particules, ses descendants, qui sont elles aussi radioactives et qui émettent en se désintégrant, un rayonnement alpha ou bêta.

D'un point de vue physique et chimique, le radon est susceptible d'être absorbé sur les graisses et adsorbé sur le charbon actif. Il est soluble dans les liquides.

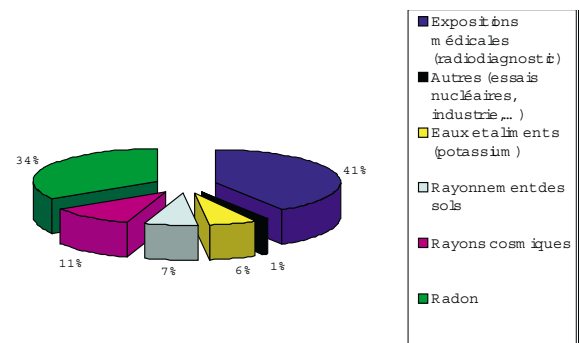


Graphique 2 : **Exposition moyenne de la population française aux rayonnements ionisants**

6.2 Présentation du gaz radon

6.2.1 Origine du radon

Deuxième cause d'irradiation après les expositions médicales, le radon est à l'origine du tiers de l'exposition moyenne de la population aux rayonnements ionisants. Au premier rang des sources naturelles de radioactivité, c'est la seule sur laquelle il est possible d'agir.



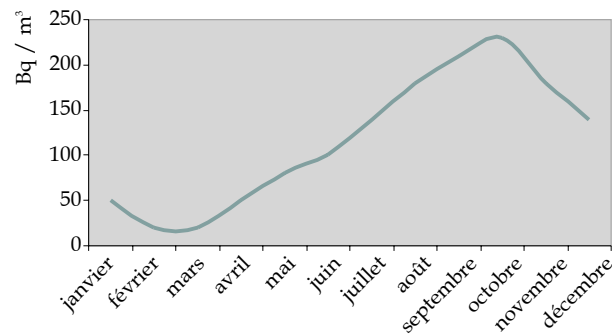
6.2.2 Le radon dans l'atmosphère

Formé dans la roche et le sol contenant naturellement de l'uranium, le radon va se libérer du grain de matériau solide dans lequel il est formé et migré dans l'espace des pores (émanation) et diffusé ensuite dans le sol, transporté par l'air ou par l'eau dans laquelle il peut être dissout (phénomène de diffusion ou convection). Arrivé à la surface du sol, il se trouve libéré dans l'atmosphère : c'est l'exhalation.

Graphique 3 : **Evolution de l'activité volumique en radon dans l'environnement**

Après transfert du radon dans l'atmosphère, les descendants du radon s'attachent à des aérosols de l'atmosphère. Il en résulte des risques d'exposition interne de l'appareil pulmonaire par inhalation et dépôt dans les voies respiratoires des aérosols sur lesquels se sont attachés ces descendants.

La quantité de radon émise dépend du contexte géologique (les roches contiennent plus ou moins de l'uranium), du degré de saturation en eau du sol, de la porosité du sol, perméabilité, des conditions météorologiques (pression atmosphérique, moment de la journée) etc. ... Pour le radon : plus un sol est sec, plus l'émanation du radon est faible et la diffusion est d'autant plus rapide qu'elle se fait dans l'air que dans l'eau. Aussi, l'activité volumique du radon dans l'atmosphère libre peut varier énormément (voir graphe ci-dessus).



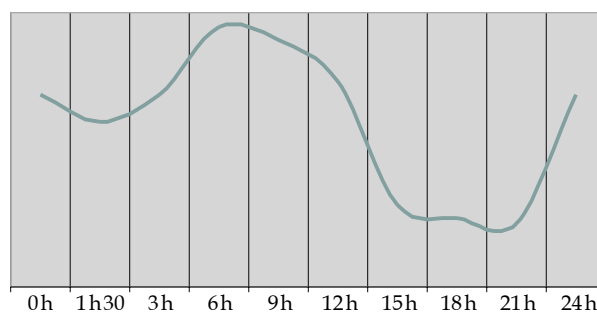
6.2.3 Le radon dans un bâtiment

Le radon a plusieurs voies d'entrée dans un bâtiment. Le radon vient soit directement du sol, soit de l'air extérieur ou encore des matériaux de construction et dans certains cas par la voie eau.

L'arrivée du radon dans un bâtiment va être favorisée par les phénomènes de convection liés aux différences de températures entre l'intérieur et l'extérieur ou par les différences de pression entre l'air du bâtiment et l'air contenu dans le sol. Elle sera également liée aux caractéristiques architecturales du bâtiment (types de fondations, présence de canalisations, taux de renouvellement de l'air dans les pièces).

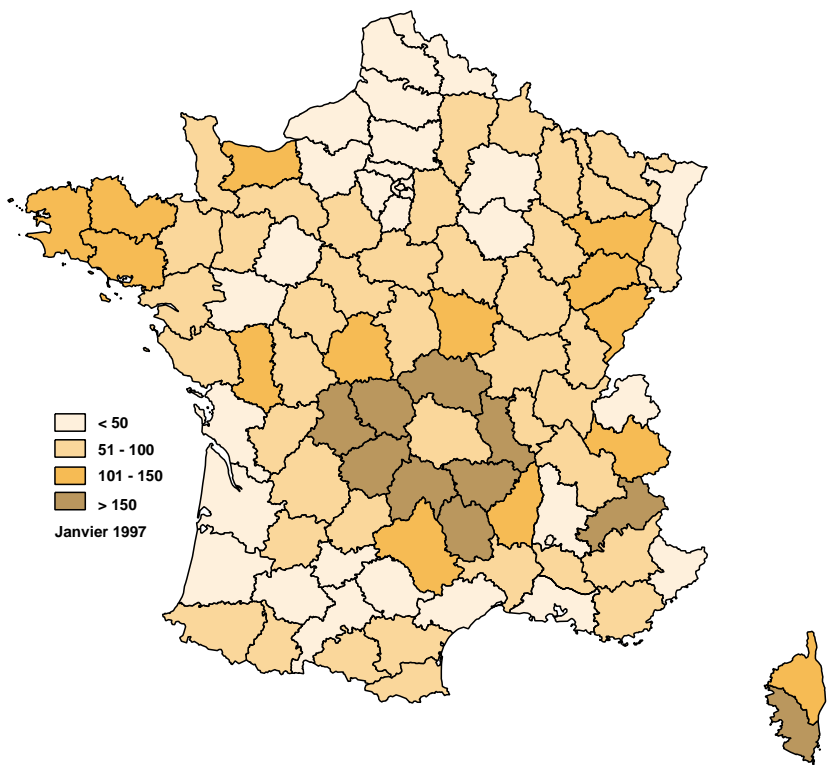
Graphique 4 : **Variation quotidienne de la concentration de radon dans un bâtiment**

Compte tenu de la variation dans le temps des différents critères pouvant jouer sur l'arrivée du radon, la concentration dans un local peut fluctuer de manière très importante entre le jour et la nuit, entre les différentes saisons, ou lorsque l'on chauffe ou non le bâtiment, ou lorsque une ventilation mécanique est opérationnelle ou non (voir graphe ci-après).



6.2.4 Ordres de grandeur

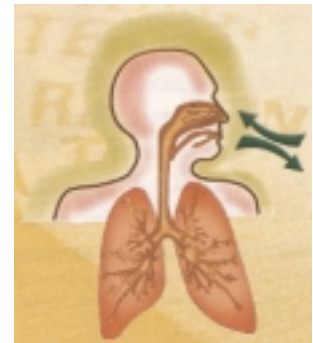
L'activité volumique en radon 222 dans le sol à environ 1 m de profondeur peut varier de quelques milliers à quelques centaines de milliers de becquerels par ml. Le flux d'exhalaison sur un sol naturel granitique est de l'ordre de 0,2 Bq.m⁻³.s⁻¹. Dans l'atmosphère libre, on peut trouver couramment des niveaux compris entre 1 et 200 Bq.m⁻³. Dans les habitations, le niveau moyen en France est de l'ordre de 70 Bq.m⁻³, avec des valeurs moyennes supérieures à 150 Bq.m⁻³ dans les départements du centre de la France.



Carte E : **Moyenne par département des concentrations de radon dans l'air des habitations (en Bq / m³)**

6.3 Les risques pour la santé

Les descendants du radon en suspension dans l'air peuvent être inhalés et se fixer sur les voies respiratoires où ils émettent leurs rayonnements. Des études épidémiologiques menées chez l'homme (populations de travailleurs de mines souterraines) ou des expériences sur les animaux de laboratoire montrent que l'inhalation du radon et ses descendants à forte dose entraîne un risque d'apparition de cancer du poumon. Et ce risque peut augmenter « de manière importante » s'il concerne des fumeurs.



En 1987, le Centre International de Recherche sur le Cancer (CICR) de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) a reconnu le radon comme cancérigène pulmonaire humain.

En 1993, la Commission Internationale de Protection Radiologique (CIPR) a formulé des recommandations spécifiques pour la gestion du risque radon 222 dans l'habitat et les lieux de travail dans sa publication n° 65.

Dans cette publication, la CIPR propose des plages de niveaux d'actions comprises entre 200 et 600 Bq.m⁻³ pour les habitations et entre 500 et 1500 Bq.m⁻³ pour les locaux professionnels (en supposant que les conditions de ventilation des pièces soient telles que le facteur d'équilibre entre le radon et ses descendants soit égal à 0,4 et en tenant compte d'un temps de séjour annuel de 7000 heures dans une habitation et 2000 heures dans un local professionnel).

Dans les bâtiments publics où le temps de présence du public est important (écoles, hôpitaux...), les niveaux d'action des habitations doivent être retenus et la CIPR préconise un délai de mise en œuvre de moyens de prévention d'autant plus rapide que les niveaux de référence proposés sont largement dépassés.

Dans un rapport publié en 1996 sur la qualité de l'air à l'intérieur des bâtiments, l'Organisation Mondiale de la Santé « OMS » a précisé que l'état actuel des connaissances conduit à considérer qu'un risque sanitaire annuel de l'ordre de 1/1000 correspond à une concentration en radon d'environ 1000 Bq.m⁻³. Aussi, les moyens de prévention doivent être mis en œuvre pour éviter les activités volumiques supérieures à cette valeur.

6.4 L'évaluation du risque radon dans les habitations et les bâtiments recevant du public et les actions correctrices

Dans le cadre d'une circulaire conjointe en date du 27 janvier 1999, le secrétaire d'état à la santé et à l'action sociale et le secrétaire d'état au logement ont précisé l'organisation de la gestion du risque lié au radon en France, basée sur la distinction de trois niveaux d'action pour les bâtiments existants :

- La valeur de 400 Bq.m⁻³, objectif de précaution en dessous duquel la situation ne justifie pas d'action commerciale particulière.
- Un niveau compris entre 400 et 1000 Bq.m⁻³, pour lequel il est souhaitable d'entreprendre des actions correctrices simples.
- Un seuil d'alerte de 1000 Bq.m⁻³, au-delà duquel des actions correctrices doivent être rapidement entreprises.

Pour les bâtiments à construire, la valeur guide de 200 Bq.m⁻³ doit être retenue.

Ces niveaux d'action s'entendant en concentration moyenne annuelle, et compte tenu des variations possibles et importantes de l'activité volumique en radon à l'intérieur des locaux, l'évaluation du risque ne peut se faire qu'à partir de mesures de type intégrées sur des périodes suffisamment longues pour garantir une bonne représentativité. La norme NF M60-766 précise les modalités d'une telle mesure.



Les actions correctrices qui pourront être mises en œuvre agiront soit sur la source pour empêcher le radon d'entrer dans le local, soit sur l'atmosphère intérieure pour faire sortir le radon du local. Elles seront choisies en fonction du degré de réduction du niveau de radon à obtenir, des coûts correspondants, et des contraintes techniques.

Pour agir sur la source, on pourra colmater les voies d'entrée possibles (obturation des fissures ; joints ; dalles béton dans sous-sol ; feuille étanche) ou mettre en dépression le sol sous-jacent par l'intermédiaire de réseau de drainage associé à un système d'extraction de l'air.

Pour évacuer le radon présent, la mise en œuvre d'une ventilation adaptée sera nécessaire (ventilation du vide sanitaire, naturelle ou forcée ; ventilation mécanique contrôlée double flux ...).

Un contrôle de l'activité volumique en radon 222 sera effectué après exécution des travaux afin de vérifier l'efficacité des actions entreprises, de préférence dans une période hivernale afin de se placer dans les conditions les plus défavorables.

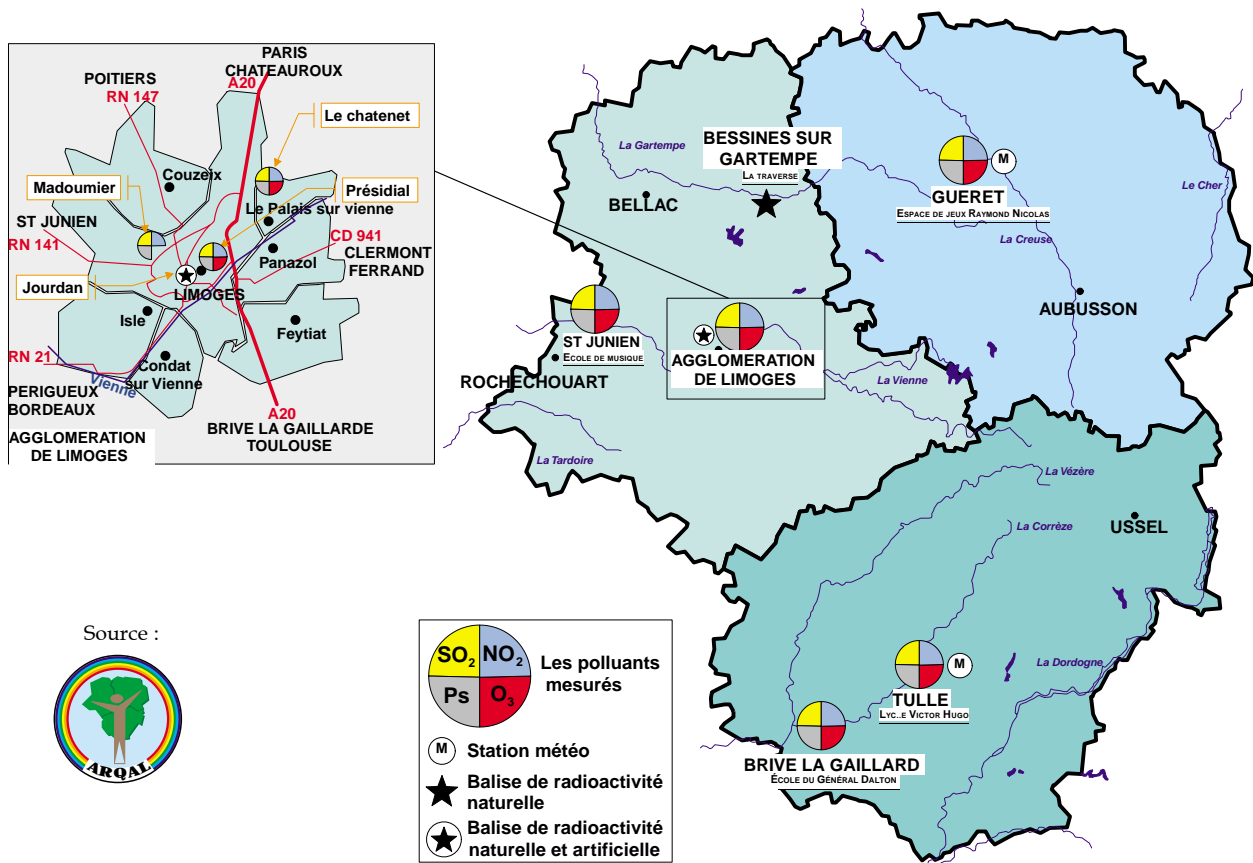
1. ETAT DES LIEUX PAR SECTEUR GEOGRAPHIQUE (ZONES SURVEILLEES - ZONES NON SURVEILLEES)

Au 1^{er} novembre 1999, le dispositif de surveillance comprenait 27 analyseurs répartis sur 7 sites de mesure.

Le nombre d'analyseurs pour chacun des polluants est le suivant :

- Dioxyde de soufre : 7
- Oxydes d'azote : 7
- Ozone : 6
- Particules en suspension : 7

Carte F : **Situation géographique des sites de surveillance de l'ARQAL**



2. MESURES EFFECTUEES PAR L'ARQAL

2.1 Les oxydes d'azote

2.1.1 Origine - Emissions en Limousin

Le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO₂) sont principalement émis par les véhicules puis par les installations de chauffage et/ ou des usines d'incinération des ordures ménagères.

La pollution par les oxydes d'azote est plus importante en hiver qu'en été. Elle est due principalement aux conditions météorologiques souvent défavorables (inversion thermique lors de conditions anticycloniques hivernales induisant une mauvaise dispersion des polluants).

Cependant, les oxydes d'azote restent des polluants essentiellement liés au trafic routier et varient selon ce paramètre (évolution journalière et hebdomadaire visible).

En Limousin, selon l'inventaire 1994 du CITEPA, 65 % des émissions sont dues au transport routier et 16 % à l'agriculture et à la sylviculture, représentant 1,2 % des émissions nationales.

2.1.2 Normes

Décret 98-360 du 6 mai 1998 :

période de référence : du 1^{er} janvier au 31 décembre

a) Objectif de qualité en NO₂ :

Objectif de qualité calculé à partir des valeurs moyennes par heure prises pour l'ensemble de l'année.

Percentile 50 = 50 µg/m³

Percentile 98 = 135 µg/m³

b) Seuil d'alerte en NO₂ :

400 µg/m³ en moyenne horaire

c) Valeurs limites en NO₂ :

Valeur limite calculée à partir des valeurs moyennes par heure ou par période inférieure à l'heure.

Percentile 98 = 200 µg/m³

2.1.3 Procédures d'alerte :

SUBSTANCES POLLUANTES	NIVEAU DE MISE EN VIGILANCE	NIVEAU DE RECOMMANDATIONS	NIVEAU D'ALERTE
	seuil de mise en vigilance des services techniques et administratifs	seuil d'information et de recommandations à l'attention du public	seuil d'alerte
DIOXYDE D'AZOTE NO ₂	135 µg/m ³ horaire	200 µg/m ³ horaire	400 µg/m ³ horaire

2.2 L'ozone

2.2.1 Origine

L'ozone résulte généralement de la transformation photochimique de certains polluants primaires dans l'atmosphère (en particulier NO_x et composés organiques volatils : benzène, ...) sous l'effet des rayonnements ultraviolets. La pollution par l'ozone augmente régulièrement depuis le début du siècle et les pointes sont de plus en plus fréquentes en été.

Les concentrations en ozone sont, compte tenu des conditions météorologiques nécessaires, plus élevées au printemps et en été. Les concentrations sont faibles la nuit et en matinée et sont maximales en milieu de journée et en début de soirée.

Sous les vents dominants des agglomérations, l'ozone atteint des concentrations souvent supérieures dans les zones rurales.

Il faut distinguer l'ozone troposphérique (basse altitude) présentée ci-dessus avec l'ozone stratosphérique (haute altitude). En haute altitude, la couche d'ozone filtre les rayons ultraviolets du soleil. Cette fonction est indispensable au bon équilibre de la vie sur terre.

2.2.2 Normes

a) Objectif de qualité en O₃ :

période de référence : du 1^{er} janvier au 31 décembre

● Protection de la santé humaine :

110 µg/m³ en moyenne sur une plage de 8 heures glissantes

● Protection de la végétation :

200 µg/m³ en moyenne horaire, 65 µg/m³ en moyenne sur 24 heures

b) Seuil d'information en ozone : 180 µg/m³ en moyenne horaire

c) Valeur limite : Pas de valeur limite établie par le décret 98-360 du 6 mai 1998

2.2.3 Procédures d'alerte :

SUBSTANCES POLLUANTES	NIVEAU DE MISE EN VIGILANCE	NIVEAU DE RECOMMANDATIONS	NIVEAU D'ALERTE
	seuil de mise en vigilance des services techniques et administratifs	seuil d'information et de recommandations à l'attention du public	seuil d'alerte
Ozone O ₃	135 µg/m ³ horaire	180 µg/m ³ horaire	360 µg/m ³ horaire

2.3 Le dioxyde de soufre

2.3.1 Origine - Emissions en Limousin

Ce gaz résulte essentiellement de la combustion de matières fossiles contenant du soufre (charbon, fuel, gazole, ...) et de procédés industriels. En France, compte tenu du développement de l'énergie nucléaire, de la régression du fuel lourd et du charbon, et de la réduction de la teneur en soufre des combustibles et carburants, les concentrations en SO₂ ont diminué en moyenne de plus de 50 %.

En Limousin, selon l'inventaire 1994 du CITEPA :

- 38 % des émissions proviennent du secteur de l'Industrie et des Déchets,
- 30 % sont dues aux transports,
- 22 % sont attribuées au secteur résidentiel et tertiaire soit environ 0,5 % des émissions nationales.

2.3.2 Les normes

Décret 98-360 du 6 mai 1998

Période de référence : du 1^{er} avril au 31 mars (année tropique)

a) Objectifs de qualité :

- 40 à 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne des valeurs quotidiennes relevées pendant l'année
- 100 à 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en valeur moyenne quotidienne.

b) Seuil d'alerte : 600 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne horaire.

c) Valeurs limites (associées aux particules en suspension) :

- Médiane des valeurs moyennes quotidiennes relevées pendant l'année
= 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ si celle des particules en suspension est $> 40 \mu\text{g}/\text{m}^3$
= 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ si celle des particules en suspension est $\leq 40 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- Médiane des valeurs moyennes quotidiennes relevées pendant l'hiver (1^{er} octobre-31 mars)
= 130 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ si celle des particules en suspension est $> 60 \mu\text{g}/\text{m}^3$
= 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ si celle des particules en suspension est $\leq 60 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- Percentile 98 des valeurs moyennes quotidiennes relevées pendant l'année
= 250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ si celui des particules en suspension est $> 150 \mu\text{g}/\text{m}^3$
(Dans ce cas, les valeurs moyennes quotidiennes ne doivent pas dépasser 250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ plus de 3 jours de suite).
= 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ si celui des particules en suspension est $\leq 150 \mu\text{g}/\text{m}^3$
(Dans ce cas, les valeurs moyennes quotidiennes ne doivent pas dépasser 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ plus de 3 jours de suite).

2.3.3 Procédure d'alerte

Elle n'est à ce jour pas appliquée en Limousin compte tenu des concentrations obtenues sur 15 mois qui sont particulièrement peu élevées.

2.4 Les Particules en suspension

Les particules prises en compte sont celles qui répondent au critère des PM10 (particules inférieures à 10 μm).

Elles proviennent surtout de la sidérurgie, des cimenteries, de l'incinération des déchets, de la circulation automobile. Leur taille est très variable, de quelques microns à quelques dixièmes de millimètre. On distingue les particules fines, provenant par exemple des fumées des moteurs, et les grosses particules provenant des chaussées ou présentes dans certains effluents industriels.

2.4.1 Normes

- Décret 98-360 du 6 mai 1998 relatif aux particules fines et en suspension
Période de référence : du 1^{er} avril au 31 mars (année tropique)

a) Objectif de qualité :

- 40 à 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ moyenne des valeurs moyennes quotidiennes relevées pendant la période de référence (méthode fumées noires)

- 100 à 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ moyenne quotidienne (méthode fumées noires)
- 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ moyenne annuelle des concentrations de particules fines de diamètre inférieur ou égal à 10 micromètres.

b) Seuil d'alerte : Le décret 98-360 du 6 mai 1998 ne prévoit pas de seuil d'alerte pour les particules en suspension et les particules fines.

c) Valeurs limites : méthode des fumées noires

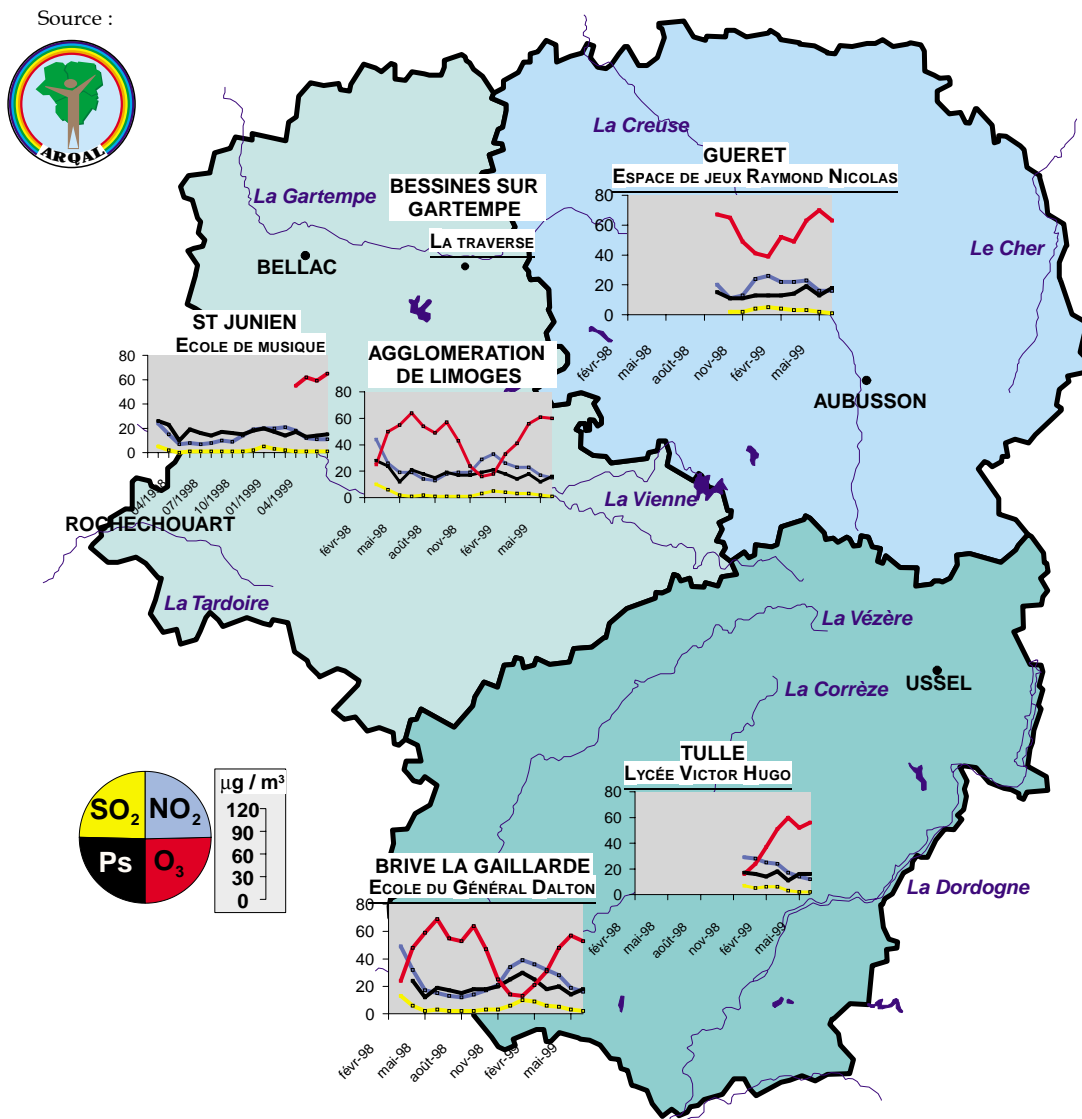
- Percentile 50 des valeurs moyennes quotidiennes relevées pendant l'année = 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- Percentile 50 des valeurs moyennes quotidiennes relevées pendant l'hiver (1^{er} octobre-31 mars) = 130 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- Percentile 98 des valeurs moyennes quotidiennes relevées pendant l'année = 250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- La moyenne quotidienne ne doit pas dépasser 250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ plus de 3 jours de suite.

2.4.2 Procédure d'alerte

Il n'existe pas à ce jour de procédure d'alerte associée à ce polluant, mais seulement des recommandations. Dans un avenir proche, cette procédure devrait être mise en place au niveau national.

Résultats des mesures effectuées entre 02/ 1998 et 06/ 1999

Carte G : Résultats des mesures effectuées entre 02/ 1998 et 06/ 1999



2.5 La radioactivité

L'ARQAL dispose :

- D'une balise de radioactivité artificielle pour suivre et prévenir des modifications sensibles de notre environnement.
- D'une balise de radioactivité naturelle (radon) en milieu extérieur.

2.6 Autres polluants non mesurés en Limousin

2.6.1 Le monoxyde de carbone

Le monoxyde de carbone (CO) provient de la combustion incomplète des énergies carbonées. Son émission a pour principale origine les véhicules. Ce gaz invisible, sans odeur et sans goût est responsable d'intoxications domestiques et professionnelles.

Cette pollution est accentuée en automne et hiver lorsque les conditions météorologiques sont défavorables à la dispersion des polluants.

Directement lié aux émissions des véhicules, le profil de concentrations suit l'évolution quotidienne et hebdomadaire du trafic routier.

En Limousin, selon l'inventaire 1994 du CITEPA :

- 70 % des émissions régionales sont dues au secteur des transports.
- Le secteur résidentiel et tertiaire représentent 20 %.
- La contribution au plan national des émissions est de 1 %.

Le monoxyde de carbone est un polluant atmosphérique dont les concentrations s'expriment en mg/m^3 , contrairement à beaucoup d'autres qui se mesurent en $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

L'objectif de qualité, prise en compte par le décret 98-360, est de $10 \text{ mg}/\text{m}^3$ en moyenne sur 8 heures.

2.6.2 Le plomb

Le plomb tétraéthyle a été longtemps incorporé de façon systématique à l'essence du fait de ses propriétés antidétonantes. Aussi l'automobile a-t-elle été la source du rejet de quantités importantes de dérivés du plomb dans l'air. L'utilisation croissante de l'essence sans plomb a permis, en quelques années, de réduire les concentrations de plomb dans l'air, largement en deçà des seuils de nuisance. Le plomb est également émis par quelques procédés industriels.

Dans les agglomérations de plus de 100 000 habitants, la moyenne annuelle maximale est passée de $0.71 \mu\text{g m}^{-3}$ en 1991 à $0.28 \mu\text{g m}^{-3}$ en 1996.

2.6.3 Le benzène

Le benzène est présent dans les carburants automobiles à des concentrations de 1 à 5 %. Il devrait être ramené à 1 % dès l'an 2000.

Sa présence dans l'atmosphère est due principalement à deux facteurs :

- La combustion incomplète des carburants.
- Les opérations de fabrication et de transvasement (station-service).

La norme applicable (objectif de qualité) est de $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle.

A ces différents polluants viennent s'ajouter entre autres :

- Le CO₂, responsable pour plus de 50 % dans l'effet de serre,
- L'ammoniac NH₃ imputable en grande partie aux activités agricoles,
- Le méthane CH₄, provenant des activités agricoles et des ordures ménagères,
- Les composés organiques volatils méthaniques et non méthaniques (COVNM) incluant divers hydrocarbures et aldéhydes (solvants...).

3. EVALUATION DE LA QUALITE DE L'AIR.

Valeurs mesurées depuis la mise en place des analyseurs (février 1998)

3.1.1 Décret 98-360 du 6 mai 1998

Tableau 17 : **Comparaison des valeurs réglementaires aux résultats de mesures**

	OBJECTIFS DE QUALITE EN µG/M ³	VALEURS MESUREES EN LIMOUSIN PERIODE DE MESURE : 1 ^{ER} AVRIL 98 AU 31 MARS 99 POUR SO ₂ ET PS ANNEE CIVILE 98 POUR NO ₂ ET O ₃			
		VALEURS REGLEMENTAIRES	LIMOGES	SAINT- JUNIEN	BRIVE-LA GAILLARDE
Dioxyde de soufre (SO₂)					
Moyenne des valeurs quotidiennes	40 à 60	2	2	5	3
Valeur moyenne quotidienne	100 à 150	15	21	24	18
Particules en suspension (PS)					
Moyenne annuelle PM 10	30	17	16	20	13
Dioxyde d'azote (NO₂)					
Médiane des moyennes horaires	50	18	10	16	13
Centile 98 des moyennes horaires	135	69	43	67	68
Ozone (O₃)					
Moyenne sur 8 heures (santé)	110	Max 135 4,8 % (jours de dépas.)	-	Max 158 8,7 % (jours de dépas.)	96

	SEUIL D'ALERTE EN µG/M ³	VALEURS MESUREES EN LIMOUSIN PERIODE DE MESURE : 1 ^{ER} AVRIL 98 AU 31 MARS 99 POUR SO ₂ ET PS ANNEE CIVILE 98 POUR NO ₂ ET O ₃			
		VALEURS REGLEMENTAIRES	LIMOGES	SAINT- JUNIEN	BRIVE-LA GAILLARDE
Dioxyde de soufre (SO₂)					
Moyenne horaire	600	85	80	118	50
Dioxyde d'azote (NO₂)					
Moyenne horaire	400	122	94	132	160
Ozone (O₃)					
Moyenne horaire	360	143	-	179	109
Particules en Suspension (PS)	Pas de seuil d'alerte	-	-	-	-

1. Les valeurs pour Guéret sont prises en compte à partir du 01/09/98

	VALEURS LIMITES EN $\mu\text{G}/\text{M}^3$	VALEURS MESUREES EN LIMOUSIN PERIODE DE MESURE : 1 ^{ER} AVRIL 98 AU 31 MARS 99 POUR SO_2 ET PS ANNEE CIVILE 98 POUR NO_2 ET O_3			
		VALEURS REGLEMENTAIRES	LIMOGES	SAINTE- JUNIEN	BRIVE-LA GAILLARDE
Dioxyde de soufre (SO_2)					
Médiane des moyennes quotidiennes	120	1	1	3	3
Médiane des moyennes quotidiennes de l'hiver	180	3	1	5	3
Centiles 98 des moyennes quotidiennes	350	10	11	19	12
Particules en suspension (PS)					
Centile 50 des moyennes quotidiennes de l'hiver	130	17	16	21	11
Centiles 98 des moyennes quotidiennes	250	35	34	51	39
Dioxyde d'azote (NO_2)					
Centile 98 des moyennes horaires	200	69	43	67	68
Ozone (O_3)	Pas de valeur limite				

Bilan de l'année 1998 :

- Les valeurs limites n'ont jamais été atteintes.
- Les seuils d'alerte ont toujours été respectés.
- Les objectifs de qualité, premier niveau réglementaire, sont respectés pour l'ensemble des polluants à l'exception de l'ozone : dépassements de quelques jours sur la moyenne journalière (végétation), et de la moyenne sur 8 heures (santé).

3.1.2 Procédure de gestion des épisodes de pollution atmosphérique

Aucun dépassement des niveaux 3 de la procédure d'alerte n'a été enregistré traduisant l'absence de risque sanitaire, ponctuel ou durable sur les villes surveillées de la région Limousin.

Un seul dépassement du niveau 2 (pour l'ozone) a été enregistré pendant une heure à Brive-La-Gaillarde le 31 juillet 1999.

Quelques dépassements du niveau 1 de la procédure d'alerte ($135 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ont été enregistrés et transmis pour information aux différents organismes concernés.

Tableau 18 : **dépassements du niveau 1 de la procédure d'alerte ($135 \mu\text{g}/\text{m}^3$)**

	NOMBRE DE JOURS DE DEPASSEMENT	FREQUENCE
BRIVE-LA-GAILLARDE (OZONE)	11	3,3 %
GUERET ² (NO_2)	3	2,5 %
LIMOGES (OZONE)	3	0,9 %

1. Les valeurs pour Guéret sont prises en compte à partir du 01/09/98

2. Mise en en place de la station de Guéret à partir de septembre 1998

1. INTRODUCTION

L'objectif du PRQA est de fixer des orientations permettant de prévenir ou de réduire la pollution atmosphérique ou d'en atténuer les effets.

Les orientations de cet outil de planification porteront sur (décret du 6 mai 1998) :

- La surveillance de la qualité de l'air et de ses effets sur la santé humaine, les conditions de vie, l'environnement ;
- La maîtrise des pollutions atmosphériques dues aux sources fixes et aux sources mobiles.
- L'information du public sur la qualité de l'air et sur les moyens dont il peut disposer pour concourir à son amélioration.

Le décret du 6 mai 1998 qui fixe le contenu du plan reprend une des dispositions majeures de la loi sur l'air de décembre 1996 en terme de santé publique selon laquelle « L'état assure avec le concours des collectivités territoriales ... la surveillance de la qualité de l'air et de ses effets sur la santé » en imposant que les PRQA s'appuient en particulier sur une évaluation des effets de la qualité de l'air sur la santé et les conditions de vie au niveau local.

Cette démarche désormais imposée par les textes repose sur les conclusions des nombreuses études menées au plan national, européen et international qui conduisent les experts non plus à s'interroger sur un éventuel impact de la pollution atmosphérique sur la santé mais plutôt sur l'estimation de son impact sur la santé des populations (quantification des effets) aux niveaux de pollution couramment observés en zone urbaine (pollution de fond) ou en cas de niveau de pollution plus élevé (pic de pollution).

Cette nouvelle approche de surveillance épidémiologique complète l'approche normative qui consiste à comparer la qualité de l'air aux objectifs de qualité fixés par décret.

L'objectif poursuivi par le groupe de travail AIRSANTE est donc d'évaluer au mieux l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique en Limousin afin que les orientations proposées dans le plan intègrent les enjeux de protection de la santé publique.

Si cette évaluation est incomplète aujourd'hui en raison d'un manque de données et de difficultés méthodologiques, il s'agira de faire des propositions visant à améliorer les connaissances des effets sur la santé de la pollution atmosphérique dans les 5 ans à venir.

La démarche suivie a ainsi consisté tout d'abord en la réalisation d'un état des lieux sur les données disponibles dans la région sur les pathologies pouvant être liées à la pollution atmosphérique ainsi que sur les données environnementales permettant de caractériser l'exposition de la population (type de pollution, niveaux de pollution ambiants).

L'objectif de cette première étape est de réaliser un bilan sur les données sanitaires et environnementales, de caractériser l'exposition de la population aux polluants quand les données sont disponibles et de faire émerger les lacunes actuelles qu'il conviendrait de combler dans les années à venir pour mieux évaluer l'exposition de la population aux polluants émis par les sources fixes de pollution ou par les sources mobiles (trafic automobile en zone urbaine en particulier).

Cette approche a ensuite été complétée par l'étude de différents types de pollution d'origine et de caractéristiques diverses tels que les pollutions d'origine agricole, la pollution à l'intérieur des locaux, des polluants spécifiques d'origine naturelle ou biologique tels que les pollens, le radon, ... afin d'évaluer la pertinence de leur prise en compte dans le cadre du PRQA dans notre région.

L'état des lieux ayant montré qu'il était possible d'évaluer l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique en zone urbaine (Limoges, Brive-la-Gaillarde) grâce aux données recueillies par l'ARQAL et grâce à la méthodologie développée par l'Institut de Veille Sanitaire, une démarche d'évaluation de risque a été conduite par la DRASS afin de quantifier les effets sur la santé à court terme de la pollution atmosphérique dans la ville de Limoges.

2. EFFETS DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE SUR LA SANTE ; SYNTHESE DES CONNAISSANCES

2.1 Généralités

De nombreux travaux ont permis de mettre en évidence les liens entre mauvaise qualité de l'air et effets sur la santé.

Les épisodes aigus de pollution atmosphérique constatés dans le passé se sont traduits par une élévation de la mortalité et de la morbidité respiratoire et cardio-vasculaire. Les mesures prises par les pouvoirs publics pour limiter ces effets ont conduit à une diminution notable des concentrations des principaux polluants issus des émissions industrielles et du chauffage. Aujourd'hui, la circulation automobile est devenue dans les villes l'une des activités principalement responsables des effets de la pollution atmosphérique sur la santé.

Plus récemment, des études menées au niveau national et international ont montré que les niveaux couramment observés de pollution atmosphérique avaient un impact détectable sur la santé des populations. En effet, ces études qui concernent principalement les effets à court terme mettent en évidence une corrélation entre la pollution atmosphérique et les indicateurs sanitaires.

La pollution atmosphérique peut être à l'origine de la survenue de symptômes irritatifs (muqueuse oculaire) ou de maladies touchant les voies respiratoires supérieures (irritation nasale) et les voies respiratoires inférieures (toux, gêne respiratoire, oppression thoracique, bronchite, crise d'asthme, réaction inflammatoire au niveau des muqueuses respiratoires..). Elle peut favoriser la survenue des symptômes des problèmes respiratoires préexistants et notamment chez les asthmatiques déjà sensibilisés (réactions allergiques aux allergènes auxquels ils sont déjà sensibilisés et manifestations d'hyper-réactivité bronchique non spécifique provoquées en particulier par l'ozone) qui pourront se traduire par de la toux, des rhinites, voire une crise d'asthme ou diminuer la capacité respiratoire chez l'enfant. Elle peut également entraîner l'apparition de maladies cardio-vasculaires de plus en plus graves, tels que les troubles du rythme cardiaque, l'angine de poitrine, l'infarctus du myocarde. Dans certains cas, elle peut conduire à la survenue prématurée de décès.

Ces effets résultent généralement soit d'une toxicité directe des polluants, soit d'une fragilisation des mécanismes de défense de l'organisme vis à vis des agressions bactériennes, virales ou allergiques.

Ces effets sont prouvés pour les éléments suivants :

- La pollution acido-particulaire,
- Le dioxyde de soufre,
- Les particules en suspension,
- L'ozone.

Des interrogations sont émises pour le dioxyde d'azote.

Les risques individuels sont relativement faibles, mais du fait de l'importance de la population exposée et de la fréquence élevée des pathologie concernées, les risques au niveau de l'ensemble de la population sont loin d'être négligeables.

L'étude de l'impact de la pollution atmosphérique se heurte cependant à de nombreuses difficultés.

En effet, l'atmosphère renferme un mélange complexe de polluants. Si la convergence de nombreuses études semble indiquer une influence de la pollution atmosphérique sur la santé, considérée dans son ensemble, les analyses épidémiologiques ne permettent pas toujours d'identifier précisément quels constituants ou caractéristiques sont les véritables déterminants de son impact.

Ainsi, chaque polluant analysé est considéré comme un indicateur de pollution qui représente, à ce titre, éventuellement ses effets propres mais aussi ceux de polluants émis ou formés avec lui.

Dans ce contexte, les difficultés méthodologiques rencontrées portent sur la connaissance des éléments suivants: l'évaluation correcte de l'exposition (variabilité géographique et dans le temps), les effets de synergie, les périodes de latence, la présence de facteurs de confusion comme la pollution à l'intérieur des locaux (chaque individu passant en moyenne 80% de son temps à l'intérieur des locaux) et le tabagisme.

En l'état actuel des connaissances, les liens observés à court terme, entre la pollution atmosphérique et la santé, lors des études nationales et internationales donnent des indications précieuses mais il faut être prudent quand il s'agit de transposer quantitativement les résultats obtenus par les études réalisées à d'autres niveaux de pollutions et à d'autres situations caractérisées par des sources de pollutions différentes, des facteurs environnementaux spécifiques ou des populations différentes par leurs modes de vie et leurs comportements.

Effets connus de certains polluants

Les effets sur la santé sont connus pour la pollution acido-particulaire (particules en suspension et dioxyde de soufre), et photochimique (ozone), les produits cancérigènes et les allergènes.

Pour ce qui est de la pollution acido-particulaire et photochimique :

- Ces polluants irritent l'appareil respiratoire et favorisent l'expression clinique de l'allergie ou de l'asthme chez les personnes sensibles.
- Ils sont susceptibles de rendre les pollens plus allergisants.

Les particules diesel sont classées par le CIRC « probablement cancérigène chez l'homme » et les émissions d'essence « potentiellement cancérigène pour l'homme ».

Les allergènes déclenchent des crises d'asthme et des allergies ainsi que des problèmes ophtalmologiques (conjonctivites).

En l'état actuel des connaissances, les mécanismes d'action sont évalués sur la base d'expositions à de fortes doses, bien supérieures aux expositions constatées en pollution atmosphérique ambiante et doivent donc être utilisés avec précaution. Pour les produits cancérigènes (benzène, Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP), Composés Organiques Volatils (COV)), des modèles d'extrapolation ont permis d'évaluer plus précisément les risques et de fixer des critères de qualité en conséquence.

Identification des populations sensibles

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. Dans le domaine de la pollution

atmosphérique, toute la population, dans son ensemble, est concernée. Notamment, la pollution atmosphérique peut affecter la santé des adultes bien portants lorsqu'ils y sont particulièrement exposés (conducteurs, agents de la circulation, ..), pratiquent une activité physique en zone polluée ou sont fumeurs.

En tout état de cause, les résultats des études expérimentales et épidémiologiques ont permis d'identifier clairement les populations sensibles suivantes :

- Les enfants.
- Les personnes âgées.
- Les asthmatiques et les personnes notamment atteintes de rhinites allergiques,
- Les insuffisants respiratoires.
- Les personnes atteintes de maladies cardio-vasculaires.
- Les sportifs sont également concernés.

2.2 Effets des principaux polluants (cf. Annexe II)

2.3 Pathologies liées à la pollution atmosphérique (cf. Annexe III)

2.4 Quantification des effets sur la santé de la pollution atmosphérique en zone urbaine

L'étude des risques sanitaires liés à la pollution atmosphérique se heurte à de nombreuses difficultés méthodologiques liées au fait que ces risques sont faibles aux niveaux actuellement rencontrés en Europe de l'ouest, que les maladies concernées (cardio-respiratoires pour l'essentiel) ne sont pas spécifiques des polluants atmosphériques et sont multifactorielles.

Ainsi, l'étude des risques sanitaires liés à la pollution atmosphérique revient à détecter un signal faible au sein d'un bruit de fond élevé.

Les dernières études développées ont permis de lever en partie les difficultés méthodologiques par la réalisation d'analyses statistiques sur un nombre important de données collectées sur plusieurs villes concernant les liens à court terme entre l'état de santé des populations et les variations journalières des niveaux de pollution auxquelles ces populations étaient exposées.

Ces études écologiques temporelles consistent à observer une population donnée dans une zone d'étude particulière (en général l'agglomération) et pendant une certaine période et à étudier l'association, au jour le jour, entre des indicateurs de pollution caractérisant l'exposition de la population et des indicateurs de mortalité et de morbidité hospitalière caractérisant son état de santé.

Il est ainsi permis de comparer les risques liés aux jours les plus pollués aux risques pour les jours les moins pollués.

Elles ont montré l'existence de relations entre la pollution atmosphérique et la santé se traduisant par une surmorbidity et une surmortalité cardio-respiratoire dans les grandes villes européennes et nord-américaines.

Etude de faisabilité de la surveillance épidémiologique en France :

La dernière étude menée en France a été coordonnée par l'Institut de Veille sanitaire avec l'appui du Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement et a porté sur la quantification des effets à court terme de la pollution atmosphérique dans 8 agglomérations : Bordeaux, Le Havre, Lille, Lyon, Marseille, Rouen, Strasbourg, Toulouse plus Paris. Ces villes ont été choisies pour le caractère contrasté de leurs sources, leurs niveaux de pollution et de leurs conditions géo-climatiques.

2.4.1 Principe et méthode :

INDICATEURS DE POLLUTION :

L'exposition de la population a été estimée en construisant des indicateurs à partir des données produites par l'Association Agréée de surveillance de la Qualité de l'Air de chaque agglomération. Ces indicateurs caractérisent l'exposition quotidienne moyenne de la population à la pollution ambiante, dite de fond. Ils concernent, selon les villes, les particules qui sont mesurées par l'indice des fumées noires (FN), le dioxyde de soufre (SO₂), le dioxyde d'azote (NO₂) et l'ozone (O₃).

INDICATEURS DE SANTE :

Les données de mortalité quotidienne (mortalité totale, respiratoire et cardio-vasculaire), recueillies par l'INSERM, ont été analysées pour la période 1990-1995. Les données n'étaient pas disponibles au-delà de cette date au moment de leur recueil.

Les indicateurs journaliers d'admissions hospitalières ont été construits à partir des données du Programme de Médicalisation des Systèmes d'Information (PMSI) récemment implanté par les Départements d'Information Médicale (DIM) dans les centres hospitaliers. Pour la moitié des agglomérations, ces données étaient disponibles pour une période inférieure à 3 ans.

METHODES D'ANALYSES :

Les relations entre les indicateurs d'exposition et de santé ont été analysées à l'aide de modèles statistiques prenant en compte les facteurs susceptibles de biaiser ces relations comme par exemple, les saisons, les épidémies de grippe, les périodes polliniques et les facteurs météorologiques.

Ces modèles nécessitant de disposer d'un minimum de 3 à 4 années de données journalières, seuls les indicateurs de mortalité ont pu être analysés à ce jour. L'analyse des indicateurs d'admissions hospitalières se fera lorsque les séries de données seront suffisamment longues.

L'analyse de la mortalité a d'abord été réalisée dans chacune des agglomérations. Les résultats ont ensuite fait l'objet d'une analyse combinée portant sur l'ensemble des villes incluant ceux de l'étude ERPURS réalisée sur l'agglomération parisienne.

2.4.2 Résultats :

ANALYSE COMBINEE

Cette analyse a permis de conclure à l'homogénéité des risques en termes de mortalité anticipée entre les différentes zones d'étude. Elle a permis également de déterminer l'importance des relations étudiées ainsi que leur forme.

Les résultats de l'analyse combinée incluant l'ensemble des zones étudiées sont exprimés en pourcentage (%) d'augmentation de risque de mortalité quotidienne lorsque les niveaux de pollution de fond augmentent d'un jour à l'autre de 50 µg/m³.

Tableau 19 : Pourcentage d'augmentation de risque de mortalité pour une augmentation de 50 µg/m³ des indicateurs de pollution

	FN	SO ₂	NO ₂	O ₃
Mortalité totale	2,9 %	3,6 %	3,8 %	2,7 %
Mortalité cardio-vasculaire	3,1 %	5,3 %	4,6 %	2,4 %
Mortalité respiratoire	2,7 %	5,6 %	4,0%	0,8 %

Globalement, dans les villes étudiées, l'excès de risque de décès anticipés (mortalité totale) varie de 3 à 4 % pour une augmentation de 50 µg/m³ des indicateurs de pollution. Il varie de 2 à 5 % pour la mortalité cardio-vasculaire et de 1 à 6 % pour la mortalité respiratoire.

Quel que soit l'indicateur, 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 d'une population.

EVALUATION DE L'IMPACT SUR LA MORTALITE DANS LES NEUF ZONES D'ETUDE

Les risques estimés par l'analyse combinée ont été appliqués aux niveaux d'exposition observés dans chaque zone d'étude. Ils permettent de calculer un nombre de décès anticipés attribuables à la pollution dans la zone d'étude. Ce nombre, rapporté au nombre de personnes résidant dans la zone d'étude, permet de calculer un taux annuel de mortalité anticipée pour 100 000 habitants attribuable à la pollution.

Les différences de taux observées dans les neuf villes sont liées aux différences de niveaux d'exposition. Au Havre, les taux annuels de mortalité anticipée pour 100 000 habitants sont de 0,5 pour la mortalité respiratoire, 2 pour la mortalité cardio-vasculaire et 5 pour la mortalité totale. A Rouen, Strasbourg, Lyon, Lille et Paris ces taux sont respectivement de l'ordre de 0,2, 1 et 2,8. Pour Marseille, Toulouse et Bordeaux, ils sont de 0,05, 0,5 et 2.

Pour l'ensemble des neuf villes, le nombre annuel total minimal de décès anticipés attribuables à la pollution atmosphérique a été estimé à 265 pour la mortalité totale dont :

- 107 pour la mortalité cardio-vasculaire
- 23 pour la mortalité respiratoire.

INTERPRETATION DES RESULTATS

Les résultats de cette étude permettent de conclure :

- Qu'il existe une association à court terme entre la pollution atmosphérique urbaine et la mortalité. Aucun biais méthodologique ne semble pouvoir 'expliquer ces résultats. Cette association peut être qualifiée de réelle et ne relève pas d'un artefact.
- Que pour un même niveau de pollution, il n'existe pas de différences importantes en termes de risques de mortalité entre les neuf zones d'étude, quelles que soient la diversité des pollutions et les caractéristiques climatiques, géographiques ou socio-démographiques.

2.4.3 La pollution : un mélange complexe

La pollution atmosphérique urbaine est un mélange complexe d'espèces chimiques qui réagissent entre elles.

Pour mesurer la pollution en milieu urbain, seuls quelques polluants sont surveillés en routine et ceux-ci doivent être considérés comme des « indicateurs de pollution ». Chacun d'eux à ses propres effets auxquels s'associent ceux des polluants émis ou formés avec lui. Ils représentent les différentes facettes d'un même prisme à travers lequel les risques sanitaires liés à la pollution sont étudiés.

2.4.4 Le délai d'anticipation des décès

Dans cette phase, seule l'association entre la pollution atmosphérique urbaine et la mortalité a été étudiée.

Les résultats doivent être interprétés en termes d'excès de risque de décès anticipés.

Le délai d'anticipation de ces décès en relation avec la pollution diffère selon les causes de mortalité associées. Sur la base des données scientifiques actuelles, celui-ci semble plus important pour les décès toutes causes ou en relation avec une affection cardiaque que pour ceux en rapport avec une affection respiratoire chronique, sans qu'il soit possible actuellement de le quantifier de manière précise. Des hypothèses ont conduit à estimer à 80 jours en moyenne l'anticipation du décès.

3. EVALUATION DES EFFETS DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE SUR LA SANTE EN LIMOUSIN

La méthode de travail suivie a été la suivante :

Lors de la première réunion du groupe de travail, la problématique a été posée et deux axes d'étude se sont dégagés devant être approfondis chacun par un sous-groupe de travail : étude d'une part des indicateurs sanitaires sur les pathologies pouvant être liées à la pollution atmosphérique disponibles en Limousin et engagement d'une réflexion sur la nature des polluants à prendre en compte et évaluation de l'exposition de la population à la pollution d'autre part.

- Approche sanitaire : de quels indicateurs dispose-t-on pour évaluer l'importance des pathologies pouvant être liées à la PA ?
- Approche environnementale : évaluation de l'exposition de la population et à quels polluants ?

A partir du bilan de l'existant, des propositions d'orientation seront élaborées par le groupe de travail.

3.1 Etat des lieux

3.1.1 Bilan des données sanitaires et métrologiques

Indicateurs sanitaires

La recherche d'indicateurs sanitaires sur des pathologies liées à la pollution atmosphérique (cf. Annexe III) peut servir deux objectifs complémentaires :

- Améliorer la connaissance de l'état de santé de la population de la région : quantifier l'importance des pathologies respiratoires sans quantifier la part attribuable à la pollution.
- Mettre en place une surveillance épidémiologique des effets sur la santé de la pollution atmosphérique : recherche d'indicateurs sanitaires sur les pathologies dont un lien de causalité a été établi avec la pollution et pouvant être recueillis en routine (facilement accessible à moindre coût).

Il n'existe pas de dispositif spécifique de recueil d'indicateurs sanitaires en rapport avec la pollution en Limousin et aucun état des lieux n'a été recensé sur l'impact de la pollution atmosphérique dans la région.

Par contre, on dispose de données générales sur les maladies respiratoires.

L'observatoire Régional de santé (ORS) a réalisé un bilan sur les maladies respiratoires en Limousin :

- Données sur la mortalité :

« Entre 1988 et 1992, 702 personnes en moyenne sont décédées chaque année d'une maladie de l'appareil respiratoire. Si on élimine l'effet de la structure par âge, la mortalité des limousins pour l'ensemble des maladies respiratoires est proche de la moyenne française métropolitaine. »

« Plus de 8 fois sur 10, les décès par maladie respiratoires surviennent chez des personnes de 75 ans ou plus. »

« Les deux principales causes de décès sont les bronchites chroniques et les pneumonies, broncho-pneumonies. La grippe et l'asthme sont nettement moins souvent en cause (4% des décès chacun). »

- Données sur la morbidité :

Chaque année, plus de 300 personnes sont admises en affections de longue durée pour insuffisance respiratoire chronique grave par les principaux régimes d'assurance maladie de la région. Ces personnes souffrent principalement de bronchites chroniques et d'asthme.

En ce qui concerne les maladies allergiques, une enquête a été réalisée dans plusieurs régions françaises qui avait pour but de déterminer la prévalence des maladies allergiques de l'enfant. Il s'agit d'une étude internationale (étude ISAAC : International Study of Asthma and Allergies in Childhood). La phase I de l'étude a consisté en la détermination, grâce à l'utilisation d'un questionnaire simple de la prévalence de l'asthme, de la rhinite et de l'eczéma dans deux tranches d'âge : 13-14 ans et 6-7 ans.

Les résultats de l'étude menée sur l'agglomération de Bordeaux sont les suivants (BEH N°13/1999) :

- Prévalence de l'asthme au cours de la vie = 15.1%

- Prévalence des rhinites au cours de la vie = 53.6 %

- dont :
- prévalence des rhinites au cours de la saison des pollens = 13.2 %
 - prévalence du rhume des foins = 15.4 %

On ne dispose pas de données spécifiques au Limousin où l'habitat est plutôt rural.

Les indicateurs sanitaires utilisés dans l'étude de faisabilité sur la mise en place de la surveillance des effets sur la santé de la pollution atmosphérique dans 9 villes françaises (Bordeaux, Le Havre, Lille, Lyon, Marseille, Paris, Rouen, Strasbourg, Toulouse) étude coordonnée par le RNSP (IVS), sont les indicateurs de mortalité et de morbidité hospitalière. Ils constituent les deux outils de mesure partielle de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique couramment utilisés aujourd'hui.

D'autres indicateurs ont été utilisés pour des études ponctuelles et sont encore à l'étude pour l'amélioration des systèmes de surveillance des effets de la pollution atmosphérique sur la santé car ils sont susceptibles d'apporter des informations complémentaires sur l'impact sanitaire de la pollution.

On peut citer :

- Les indicateurs d'urgence tels que les consultations aux urgences hospitalières, les visites médicales à domicile (services de garde médicale, associations types SOS Médecins) qui mesurent la morbidité de moindre gravité par rapport aux admissions hospitalières ou la mortalité mais touchant un plus grand nombre de personnes.

- Les indicateurs de consommation pharmaceutique :

Une étude de la faisabilité de recueillir des données de consommation des médicaments à visée respiratoire auprès d'un réseau de pharmaciens sentinelles au Havre a été coordonnée par le Comité Havrais de Promotion de la Santé. Elle a montré entre autres que les ventes d'antibiotiques, d'antitussifs et des spécialités de l'asthme répondaient faiblement mais significativement aux pointes de pollution acides (pollution importante au Havre) avec un délai de l'ordre de une semaine. La difficulté principale rencontrée dans cette étude a consisté à prendre en compte les composantes commerciales dans la dynamique des ventes (Pollution atmosphérique ; juillet-septembre 94).

- Les indicateurs d'activité en médecine de ville :

Des études ont été réalisées à Strasbourg et à Paris pour étudier la faisabilité et la pertinence de réaliser une surveillance épidémiologique à partir de données recueillies auprès des médecins libéraux.

Indicateurs de l'exposition de la population à la pollution atmosphérique

On dispose principalement d'indicateurs d'exposition à la pollution urbaine grâce aux capteurs gérés par l'Association Régionale pour la Surveillance de la Qualité de l'Air en Limousin (ARQAL).

- Indicateurs de l'exposition de la population à la pollution atmosphérique en zone urbaine :

Caractéristiques :

source principale de pollution urbaine = trafic automobile

- Réseau régional ARQAL (Limoges, Brive-la-Gaillarde, Guéret, St Junien, Tulle).

- Stations dites de fond en zone urbaine dense ou en zone suburbaine (ozone) représentatives de l'exposition moyenne de la population dans l'agglomération.

- Polluants mesurés = SO₂, PM₁₀ (particules en suspension), NO, NO₂, OZONE

indicateurs de la pollution acido-particulaire = SO₂, PM₁₀

indicateurs de la pollution photo-oxydante = NO₂, Ozone.

- Indicateurs d'exposition aux pollens allergisants :

Le Réseau National de Surveillance Aérobiologique (RNSA) 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 principe de fonctionnement du RNSA repose en premier lieu sur la constitution des sites de captures choisis chacun par rapport à des critères climatiques, botaniques et allergiques.

Chaque site est constitué d'un capteur de pollens, d'un responsable du capteur, d'un analyste et d'un médecin responsable clinique du site chargé de renseigner le réseau toutes les semaines sur les symptomatologies allergiques observées, l'importance des symptômes, leur évolution.

40 sites sont répartis sur le territoire ; aucun n'est situé en Limousin.

Le plus proche est à Périgueux.

intérêt d'un site :

- Réalisation d'un calendrier pollinique.

- Information des spécialistes et des populations sensibles (réalisation de bulletins d'information sur les périodes polliniques, les mesures de précaution à prendre ...)

3.1.2 Analyse des différents types de pollution et intérêt de leur prise en compte sur le plan sanitaire

Les composés considérés comme principaux responsables de la pollution atmosphérique sont d'origine et de nature chimique variées, parfois d'origine naturelle (éruptions volcaniques, radioactivité naturelle, incendies de forêt...), mais le plus souvent résultent des activités humaines.

La plupart des polluants proviennent de la combustion des produits fossiles pour l'industrie, le chauffage domestique ou les transports.

L'incinération de déchets, les techniques industrielles et agricoles peuvent également être ponctuellement à l'origine de polluants très divers (méthane, ammoniac, ..) de même que les activités artisanales ou le bricolage.

Les odeurs émises par certaines activités industrielles, agricoles ou domestiques, même si elles ne sont pas toujours à l'origine d'effets néfastes sur la santé, peuvent néanmoins provoquer des désagréments.

On distinguera d'une part les pollutions d'origine automobile et d'origine industrielle qui sont visées par la loi sur l'air et doivent faire l'objet d'une étude dans le cadre du PRQA et les autres types de pollution comme la pollution d'origine agricole, la pollution à l'intérieur des locaux, les pollens, le tabac, la pollution en milieu professionnel.

3.1.2.1 Pollution d'origine automobile et industrielle

- Pollution d'origine automobile :

On assiste globalement depuis les années 80 à une diminution généralisée des émissions des sources fixes et à une responsabilité croissante des transports dans les phénomènes de pollution du fait de l'évolution du parc automobile.

En Limousin, selon l'étude CITEPA, le transport routier constitue un secteur d'émission prépondérant pour les NOx (65%) et le CO (70 %) et significatif pour le CO₂ et le SO₂ (30 %).

Les diesels sont responsables d'émissions de particules dont certaines sont cancérigènes.

Les transports participent aussi à la pollution photochimique qui résulte de l'action des rayons du soleil sur les polluants primaires émis comme le NO₂, le CO et les COV.

Les niveaux de pollution mesurés par les capteurs du réseau de surveillance de la qualité de l'air dans les principales villes de la région résultent essentiellement des émissions dues aux transports, étant donné le nombre limité d'industries dans ou aux abords des villes.

C'est pourquoi, on se propose d'estimer dans le cadre de l'approche sanitaire du PRQA l'impact sanitaire de la pollution urbaine, d'origine automobile essentiellement, à Limoges grâce aux nombreuses études épidémiologiques réalisées dans les autres villes françaises ou européennes.

- Pollution d'origine industrielle

On ne dispose pas d'indicateurs d'exposition des populations aux polluants émis par les sources fixes. Les seules données existant portent sur les émissions dans le cadre de la législation sur les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement.

L'impact sanitaire de ce type de pollution n'est donc pas quantifiable aujourd'hui.

Toutefois, la loi sur l'air, dans son article 5 prévoit la réalisation d'études d'impact sur la santé et l'environnement.

PROPOSITION : évaluation de l'exposition de la population aux principaux polluants émis par les 18 industries les plus importantes de la région (flux de pollution > 150 T/h)

a) Pollution d'origine agricole

Il convient de distinguer d'une part les pesticides et d'autre part les déchets liquides utilisés pour l'amendement des sols qui peuvent engendrer des nuisances olfactives.

- pesticides :

Des recherches sont en cours sur les risques associés aux différentes molécules ainsi que sur les méthodes de mesurage de l'exposition des professionnels ou des populations aux pesticides.

Il convient de développer l'information sur les mesures de précaution à prendre pour leur utilisation.

- déchets liquides utilisés pour l'amendement des sols :

Le fumier, les boues déshydratées, les *composts* peuvent être à l'origine de problèmes d'odeur en raison d'une mauvaise maîtrise des procédés de fermentation.

Les produits liquides présentent un risque sanitaire car contiennent des aérosols riches en microbes.

Il ne semble pas que la région Limousin soit la plus concernée par ce type de pollution grâce à ses pratiques d'élevage extensif. Toutefois, il s'agit d'un problème qui bien que touchant une faible partie de la population ne peut pas être négligé.

A défaut de connaissances approfondies dans ce domaine, des règles doivent être respectées comme le respect d'une certaine distance d'éloignement des habitations lors d'opérations d'épandage.

b) Pollution à l'intérieur des locaux et radon

La population passe en moyenne 80 % de son temps à l'intérieur des locaux où elle est exposée à de multiples polluants biologiques comme les acariens, les phanères d'animaux responsables d'allergies ou agents chimiques liés à l'utilisation de produits d'entretien ou aux matériaux présents dans les habitations.

Le radon est un polluant d'origine naturelle qui fait l'objet d'un développement spécifique dans ce qui suit, car la région Limousin, du fait de son sous-sol granitique, est une des régions de France qui présente les concentrations moyennes annuelles en radon dans l'habitat les plus élevées.

Le radon :

Caractéristiques de cet indicateur :

Le radon est un gaz naturel radioactif, produit par la désintégration du radium, lui-même issu de l'uranium présent surtout dans les sous-sol granitiques et volcaniques. Migrant de la roche dont il provient, il diffuse dans l'air où sa concentration reste faible. Mais dans l'atmosphère plus confinée d'un bâtiment, il peut s'accumuler et atteindre des concentrations élevées si un renouvellement d'air permanent ne l'extrait pas au fur et à mesure.

Les risques liés au radon :

Le Centre International de Recherche sur le Cancer (CICR) a reconnu depuis 1987 le radon comme agent cancérogène. Le risque de cancer du poumon est prouvé chez les mineurs d'uranium, fortement exposés au radon.

En revanche, il n'est pas clairement établi pour les personnes exposées au seul radon dans les bâtiments. Toutefois, les études menées jusqu'à présent ne permettent pas de

conclure à l'absence de risque, même si celui-ci est minime et se situe loin derrière le tabac qui constitue la première cause de cancer du poumon.

L'étude des effets conjoints de l'exposition au radon et à la fumée de cigarette montre que l'effet d'une exposition simultanée est plus importante que la somme des deux effets.

Les recommandations des pouvoirs publics :

La Communauté européenne recommande aux habitants des maisons où la concentration en radon dépasse 400 Becquerels/m³ de mettre en œuvre des actions correctrices. Celles-ci s'imposent tout particulièrement au-delà de 1000 Bq/m³.

Les pouvoirs publics français, prenant en compte l'avis du Conseil supérieur d'hygiène publique de France, ont entériné le seuil d'alerte de 1000 Bq/m³, mais retiennent comme objectif de précaution le seuil de 400 Bq/m³, valeur incitative pour les bâtiments existants. En ce qui concerne les bâtiments à construire et pour tenir compte des phénomènes de vieillissement, c'est la valeur guide de 200 Bq/m³ qui a été retenue.

Les Préfets ont été chargés, par la circulaire du 27 janvier 1999 relative à l'organisation de la gestion du risque lié au radon, d'établir un plan d'action comportant :

- Des mesures systématiques dans les bâtiments recevant du public.
- Un dispositif d'information des populations, dans les zones potentiellement exposées au radon identifiées par l'enquête nationale menée par l'IPSN à la demande de la Direction générale de la santé.

Les trois départements du Limousin font partie des 27 départements visés par cette circulaire.

La situation en Limousin :

- La campagne nationale de mesure de l'exposition domestique au radon.

Elle s'est déroulée en 2 phases : la première entre 1984 et 1988, la seconde durant les années 1997 et 1998.

512 bâtiments ont été mesurés. Les résultats dont on dispose actuellement sont des résultats bruts dont l'interprétation devra intégrer l'effet du à la saison, l'effet du à l'étage, l'effet du au type d'habitat.

La moyenne brute de l'ensemble des mesures dans la région est de 222 Bq/m³ (les moyennes par département vont de 22 Bq/m³ à Paris à 264 Bq/m³ en Lozère).

Tableau 20 : **Statistiques réalisées par l'IPSN sur les mesures issues de ces campagnes**

Minimum : 12 Bq/m ³	Moyenne arithmétique : 221,9 Bq/m ³	Ecart-type : 408,9 Bq/m ³
Maximum : 4964 Bq/m ³	Moyenne géométrique : 129,4 Bq/m ³	Percentile 90 : 402 Bq/m ³
	Médiane : 121,5 Bq/m ³	Percentile 95 : 621 Bq/m ³

- La campagne systématique de mesure prévue dans la circulaire du 27 janvier 1999 : Elle concerne les bâtiments recevant du public où les personnes séjournent de façon répétée et durable, en particulier des enfants, ou encore des bâtiments présentant des risques synergiques (amiante notamment).

Elles est en cours actuellement pour les établissements scolaires publics et privés ainsi que pour les établissements sanitaires et sociaux et va se poursuivre avec les autres bâtiments.

La réduction du radon dans les bâtiments :

Plusieurs techniques efficaces permettent d'empêcher le radon d'entrer dans les bâtiments, d'autres de l'évacuer à l'extérieur :

- Assurer l'étanchéité des sous-sols, des vides sanitaires, des murs des planchers et des passages de canalisation.
- Ventiler le sol en dessous du bâtiment et les vides sanitaires.
- Aérer les pièces en mettant en place, le cas échéant, un système de ventilation mécanique double flux.

PROPOSITION :

Le PRQA pourra contribuer aux actions de sensibilisation et d'information de la population sur :

- La nature du risque.
- La mesure.

c) Pollens

Le pollen est connu sur le plan sanitaire par son caractère allergisant. La population limousine y est exposée comme le reste de la population française.

Les informations que nous possédons en Limousin sont rares. Aucune donnée médicale ni épidémiologique à ce sujet. Aucun capteur permettant de préciser les caractéristiques et les spécificités des pollens n'existe dans la région ; le plus proche est situé à Périgueux.

Sur le plan sanitaire, il est important d'approfondir les connaissances dans ces domaines : importance de la population concernée, nature des pollens et périodes de leurs apparitions.

PROPOSITIONS :

- Mise en place d'un capteur travaillant en réseau avec les régions limitrophes afin d'améliorer notre connaissance dans la nature et les caractéristiques des pollens.
- Mise en place d'un suivi épidémiologiques afin de quantifier l'importance réelle des pollens sur la santé.
- Participation à la dynamique nationale pour une approche prédictible de l'apparition des pollens si une telle démarche apparaît utile sur le plan sanitaire.

d) Tabac

Tabagisme actif et tabagisme passif ont des effets connus sur la santé. Il conviendrait de rappeler les messages de prévention les concernant lors de la diffusion des messages sanitaires liés à la pollution atmosphérique

e) Exposition professionnelle

Cette exposition n'a pas été prise en compte puisqu'a priori elle n'entre pas dans le cadre du PRQA.

3.2 Estimation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique dans la ville de Limoges

3.2.1 Méthodologie

La méthode appliquée dans cette étude a été développée par l'Institut de Veille Sanitaire et permet de donner un ordre de grandeur de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique dans une zone donnée et pendant une période donnée.

Elle repose sur la démarche d'évaluation de risque qui comporte 4 étapes :

- L'identification des dangers.
- La détermination de la relation dose-réponse.
- L'estimation de l'exposition de la population.
- La caractérisation du risque.

3.2.1.1 Identification des dangers

La démarche d'évaluation du risque repose sur une utilisation optimale des connaissances du moment. Ainsi, il n'est possible, à l'heure actuelle, que de quantifier les effets (à court terme) mis en évidence dans des études épidémiologiques en population générale à des niveaux d'exposition comparables : la mortalité anticipée et les admissions hospitalières pour motifs respiratoires et cardio-vasculaires.

3.2.1.2 Estimation de l'exposition

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...), à partir des mesures des réseaux de surveillance de la qualité de l'air. Le principe est de construire un indicateur d'exposition de la population à la pollution atmosphérique pour chaque polluant lorsque la connaissance des *immissions* est suffisante et que ce polluant (en tant qu'indicateur) peut être relié à un effet sanitaire. En l'état actuel des connaissances scientifiques, seuls SO₂, FN, NO₂ et O₃ peuvent être retenus pour l'étude.

L'estimation de l'exposition de la population repose sur l'hypothèse selon laquelle la moyenne journalière des valeurs enregistrées par les capteurs sélectionnés constitue une bonne approximation de la moyenne des expositions individuelles journalières de la population concernée. Il s'agit donc de construire, pour chaque polluant, un indicateur qui se rapproche le plus possible de cette exposition moyenne.

Après avoir sélectionné les stations représentatives de l'exposition de la population générale, on calcule ainsi l'indicateur qui est la moyenne arithmétique des données (validées par le réseau) journalières de ces stations. L'indicateur d'exposition, un jour donné, est la moyenne arithmétique des moyennes journalières (moyenne 9 h-17 h pour l'ozone) des capteurs sélectionnés. L'indicateur d'exposition aura une valeur manquante un jour donné, si tous les capteurs ont une valeur manquante ce jour-là.

a) Zone d'étude

La sélection de la zone d'étude a pour but de construire un indicateur d'exposition aux polluants atmosphériques qui soit le plus représentatif possible de l'exposition de la population résidant dans cette zone.

La délimitation de la zone d'étude a porté sur la commune de Limoges dans laquelle réside une population de 133 464 habitants (recensement de 1990) plutôt que sur l'agglomération en raison de la situation et de la représentativité des stations de fond de l'ARQAL relativement centrées sur la zone désignée ; les mesures des capteurs de la station suburbaine du Palais sur Vienne (Le Châtenet) n'étant pas disponibles sur la période d'étude.

b) Période d'étude

La période d'étude a été définie en fonction de la disponibilité des données du réseau de mesure. Elle doit être d'une durée minimale de un an pour être suffisamment représentative des variations des niveaux de pollution qui sont liés aux variations des conditions météorologiques.

Les données n'étant pas disponibles avant 1998, la période d'étude retenue est la suivante : du 1^{er} avril 1998 au 31 mars 1999 et comporte deux saisons tropicales :

- Été : du 1^{er} avril 1998 au 31 septembre 1998
- Hiver : du 1^{er} octobre 1998 au 31 mars 1999.

c) Sélection des stations

Les stations ont été choisies en collaboration avec l'ARQAL. Il s'agit des deux stations urbaines de fond situées à l'école du Madoumier et à l'école du Présidial qui sont jugées représentatives de l'exposition de la population résidant sur la commune de Limoges de par leur situation et les résultats des mesures qui montrent que les niveaux en polluants des stations sont proches (SO₂, NO₂, Particules) et donc expriment la même pollution.

Pour l'ozone, indicateur majeur de la pollution photochimique, seule la station du Présidial dispose d'un analyseur.

d) Choix des polluants

Seuls les indicateurs NO₂ et Ozone ont été retenus.

Les autres indicateurs de pollution mesurés en routine par l'ARQAL ont été écartés de l'étude pour les raisons suivantes :

Les particules en suspension mesurées (PM₁₀) n'ont pu être pris en compte car les relations exposition-risque dont nous disposons à l'heure actuelle ont été établies à partir des fumées noires (FN) comme indicateur de pollution particulaire.

Les faibles concentrations en SO₂ observées sur Limoges ne justifiaient pas la quantification de l'impact.

3.2.1.3 Choix de la relation exposition-risque

Les relations proposées par l'Institut de Veille sanitaire qui permettent d'estimer le nombre de cas d'une pathologie attribuables à la pollution atmosphérique lors d'une augmentation du niveau de pollution proviennent d'études épidémiologiques réalisées en France ou en Europe en population générale (les études menées sur des populations particulières comme les enfants ou les asthmatiques sont exclues).

Les risques relatifs élaborés à partir de risques combinés d'études multicentriques sont privilégiés.

● Mortalité anticipée

Les risques relatifs utilisés sont issus des résultats de l'étude de faisabilité de la surveillance épidémiologique des effets de la pollution atmosphérique sur la santé ; étude coordonnée par l'IVS (cf. 2.4 Quantification des effets sur la santé de la pollution atmosphérique en zone urbaine).

En effet, l'analyse combinée réalisée sur les 9 villes françaises n'a pas révélé d'hétérogénéité entre les différentes villes et les estimateurs calculés dans chacune d'entre elles sont comparables. Les résultats plaident en faveur d'une manifestation semblable des effets de la pollution d'une ville à l'autre, confirmant ainsi les observations issues de l'étude européenne APHEA selon laquelle les résultats observés dans plusieurs villes d'Europe montrent une cohérence et une forte stabilité.

Tableau 21 : Risques relatifs de mortalité journalière totale pour une augmentation de 50 µg/m³ des niveaux d'indicateurs de pollution dans neuf agglomérations françaises.

INDICATEURS DE POLLUTION	NOMBRE DE VILLES ³	RR	IC 95 %
FN - MOY 24H	5	1,029	1,013-1,044
SO ₂ - MOY 24H	8	1,036	1,021-1,052
NO ₂ - MOY 24H	6	1,038	1,020-1,055
O ₃ - MOY 8H	6	1,027	1,013-1,041

● Morbidité hospitalisée

Les relations utilisées pour les admissions hospitalières pour motif respiratoire et cardio-vasculaires proviennent des résultats de l'étude multicentrique européenne APHEA et d'études menées à Paris et à Londres.

Tableau 22 : Risques relatifs d'admissions hospitalières pour affections respiratoires (CIM9 460-519) pour une augmentation de 50 µg/m³ des niveaux d'indicateurs de pollution.

INDICATEURS DE POLLUTION	VILLES	SAISON TROPIQUE	15-64 ANS		+ 65 ANS	
			RR	IC 95 %	RR+	IC 95%
SO ₂ - MOY 24H	L.A.R.P.	Eté	1,01	0,98-1,04	1,06+	1,01-1,11
	M	Hiver	1,01	0,97-1,07	1,02	0,99-1,04
FUMEE NOIRE - MOY 24H	L.A.R.P.	Eté	0,99	0,90-1,07	1,07+	1,00-1,15
		Hiver	1,04+	1,02-1,07	1,00	0,95-1,04
NO ₂ - MOY 24H	L.A.R.P.	Eté	1,00	0,96-1,04	1,02	0,99-1,06
		Hiver	1,01	0,98-1,04	1,00	0,98-1,03
O ₃ - MOY 8H	L.A.R.P.	Eté	1,02	0,99-1,05	1,04+	1,02-1,07
		Hiver	1,03	0,98-1,08	1,02	0,99-1,05

O₃ = ozone, A = Amsterdam, L = Londres, M = Milan, P = Paris et R = Rotterdam

Tableau 23 : Risques relatifs d'admissions cardiovasculaires toutes causes pour une augmentation de 50 µg/ m³ des niveaux d'indicateurs de pollution.

INDICATEURS	RR	IC 95 %
FN - MOY 24 H HIVER	1.065	1.027-1.104
FN - MOY 24 H ETE	1.102	1.042-1.164
SO ₂ - MOY 24 H HIVER	1.063	1.027-1.101
NO ₂ - MOY 24 H HIVER	1.050	1.029-1.072
NO ₂ - MOY 24 H ETE	1.058	1.033-1.083

3. selon indicateur de pollution Bordeaux, Rouen, Le Havre, Lille, Strasbourg, Lyon, Marseille, Toulouse, Paris.

3.2.1.4 Caractérisation du risque

C'est l'étape de synthèse qui combine les données d'exposition et la relation exposition-risque.

La proportion de cas attribuables à un niveau de pollution donné se calcule de la manière suivante :

$$PA = f (RR-1)/(1+f(RR-1))$$

où :

PA = proportion de cas attribuables à l'indicateur de pollution au cours de la période considérée

RR = risque relatif (fourni par la courbe exposition-risque)

f = prévalence d'exposition (proportion de la population exposée au niveau considéré).

Dans le cas de la pollution ambiante, le plus souvent $f=1$ (toute la population est exposée au niveau considéré) et le nombre de cas attribuables pour la période considérée est calculé par la formule :

$$NA = ((RR-1)/RR)*N$$

où :

NA = nombre de cas attribuables pour la période donnée

N = nombre moyen (pour la période considérée) de cas du problème de santé considéré (e.g. hospitalisations ou décès pour une cause donnée).

Par indicateur de pollution, le calcul de l'impact par saison est réalisé au niveau journalier. Un jour donné j le nombre de cas attribuables à la pollution est :

$$n_j = RR (E_j - E_r) - 1 / RR(E_j - E_r) * N(r)$$

où :

RR est le risque relatif associé à une variation ($E_j - E_r$) d'exposition

E_r est le niveau d'exposition (indicateur d'exposition choisi comme référence)

E_j est le niveau d'exposition (indicateur d'exposition) au jour j

$N(r)$ est le nombre des cas estimé pour le niveau d'exposition choisi comme référence.

Les impacts journaliers sont ensuite agrégés par saison.

L'impact saisonnier associé à chaque gamme de niveau d'exposition (de 10 à 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, de 20 à 30...) permet de visualiser la contribution de chacun des niveaux à l'impact total, et en particulier pour les jours où les objectifs de qualité et recommandations sont dépassés. L'impact annuel est la somme des impacts estival et hivernal.

On calcule ainsi un impact par polluant (les relations dose-réponse sont établies polluant par polluant). Les impacts calculés par polluant ne sont pas additifs et on retient par saison l'impact le plus important.

En effet, les polluants étudiés peuvent, pour certains, avoir un effet direct sur la santé mais sont essentiellement les témoins d'une exposition à un mélange atmosphérique complexe, inaccessible à la mesure.

Ainsi, cette méthode permet d'approcher l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique à partir :

- D'indicateurs sanitaires qui ne représentent que certains effets de la pollution (mortalité anticipée, morbidité cardio-vasculaire et respiratoire en terme d'hospitalisations)
- D'indicateurs de la pollution qui doit être considérée comme un mélange complexe de polluants.

3.2.2 Résultats

3.2.2.1 Estimation de l'exposition de la population

● Pollution photochimique

Les indicateurs de pollution couramment mesurés par les réseaux de surveillance de la qualité de l'air sont le dioxyde d'azote (NO₂) et l'ozone (O₃).

• NO₂ :

L'indicateur d'exposition de la population résidant dans la ville de Limoges a été construit en effectuant la moyenne arithmétique des concentrations mesurées aux 2 stations urbaines de fond du Présidial et Madoumier.

Le niveau moyen mesuré sur la période considérée est de 20 µg/m³ (valeur de la médiane) ; le maximum observé étant de 57 µg/m³.

Le niveau moyen journalier en NO₂ rencontré à Limoges est inférieur de moitié à l'objectif de qualité (médiane de 50 µg/m³) fixé par le décret du 6 mai 1999 ainsi qu'à la valeur guide OMS de 1996 (médiane de 40 µg/m³).

Si l'on compare la distribution de cet indicateur d'exposition aux niveaux rencontrés dans les 6 villes françaises ayant fait l'objet de l'étude d'impact de la pollution atmosphérique, on constate que les niveaux rencontrés à Limoges sont comparables en étant toutefois légèrement inférieurs à ceux mesurés au Havre, à Rouen ou Toulouse entre 1991 et 1995 (Cf. Graphe de la page suivante).

Les niveaux observés à Strasbourg, Lyon et Paris ont été plus élevés et ont dépassé la valeur guide OMS sur la médiane des concentrations moyennes journalières.

• Ozone :

On ne dispose pour la période d'étude que des résultats du capteur situé à la station du Présidial.

Le niveau moyen journalier (médiane) calculé sur 8 h (9h-17h) est de 50 µg/m³ sur l'année. Il est de 66 µg/m³ en été et de 29 µg/m³ en hiver.

On ne dispose pas de niveau de référence en terme d'objectif de qualité sur les niveaux moyens annuels en raison de la complexité des phénomènes liés à la formation et à la destruction de l'ozone par ses précurseurs (NO₂, COV,...).

La comparaison de la distribution des niveaux rencontrés à Limoges aux niveaux observés dans les autres villes montre (cf. Graphe de la page suivante) que les niveaux de pollution sont comparables.

Le seuil d'information de la population (180 µg/m³ en moyenne horaire) et le seuil d'alerte (360 µg/m³ en moyenne horaire) n'ont jamais été atteint à Limoges, le maximum atteint sur la ville de Limoges étant de 143 µg/m³.

Par contre, le seuil de protection de la santé (110 µg/m³ sur 8 h) a été dépassé pendant l'été 98 : 7 jours de dépassement de 110 µg/m³ sur 8 h ont été enregistrés.

● Pollution acido-particulaire

• dioxyde de soufre (SO₂) : niveaux faibles

• particules :

Cet indicateur de pollution n'a pas été étudié dans le cadre de cette étude car on ne dispose pas de relation exposition - risque sur les PM₁₀.

Le bilan annuel de l'ARQAL sur l'année 1998 indique un niveau moyen annuel en PM₁₀ de 17 µg/m³.

- Recueil des données de mortalité

Les effectifs de mortalité toute cause sauf accidentelles ont été obtenues auprès de l'Observatoire Régional de Santé du Limousin. Ces données sont issues du service Commun n°8 de l'INSERM pour les individus domiciliés dans la zone d'étude.

Ne disposant pas de ces données sur la période d'étude (1^{er} avril 1998 au 31 mars 1999), le nombre de décès pris en compte correspond à la moyenne du nombre de décès enregistrés pendant les périodes allant d'avril 1993 à mars 1994 et d'avril 1994 à mars 1995. Ce nombre étant relativement constant d'une année sur l'autre, on peut considérer qu'il constitue une bonne approximation du nombre de décès effectifs pendant la période d'étude.

Tableau 24 : **Estimation du nombre de décès toutes causes sauf accidentelles de personnes domiciliées sur la commune de Limoges pendant la période d'étude**

	NOMBRE DE DECES SUR LA PERIODE CONSIDEREE	NOMBRE DE DECES JOURNALIERS
AVRIL 93 - MARS 94	1161	3,2
AVRIL 94 - MARS 95	1106	3,03
MOYENNE	1134	3,1

Source : INSERM SC8 Exploitation ORS Limousin

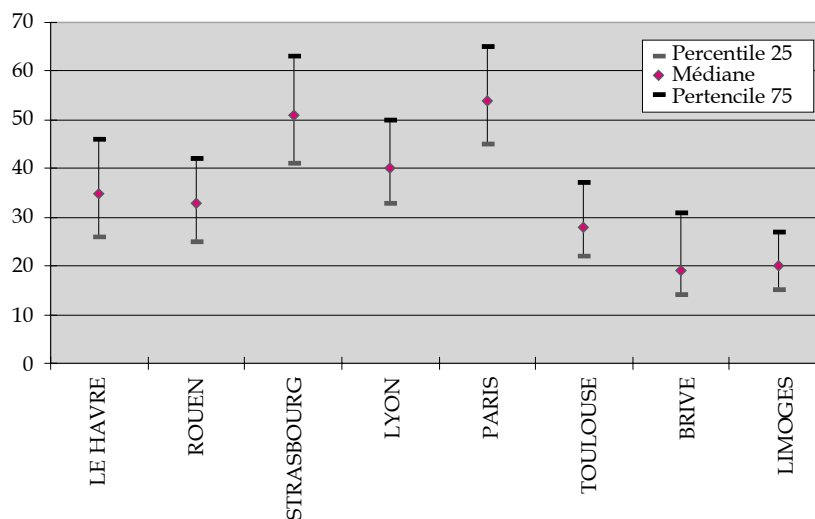
Tableau 25 : **Limoges : distribution des indicateurs d'exposition à la pollution photo-oxydante : avril 98 - mars 99 ; Distribution des indicateurs d'exposition (Données Source ARQAL)**

INDICATEUR D'EXPOSITION ($\mu\text{G}/\text{M}^3$) SAISON	NO ₂			O ₃		
	An	Eté	Hiver	An	Eté	hiver
MINIMUM	6	5	10	1	16	1
PERCENTILE 5	10	9	14	13	34	5
PERCENTILE 25	15	12	21	29	54	19
MEDIANE	20	16	26	50	66	29
PERCENTILE 75	27	20	34	69	84	43
PERCENTILE 95	40			104	114	
MAXIMUM	57	38	57	130	130	83
MOYENNE JOURNALIERE	22	17	27	51	70	33
ECART-TYPE	9.4	5.6	9	28	23	18

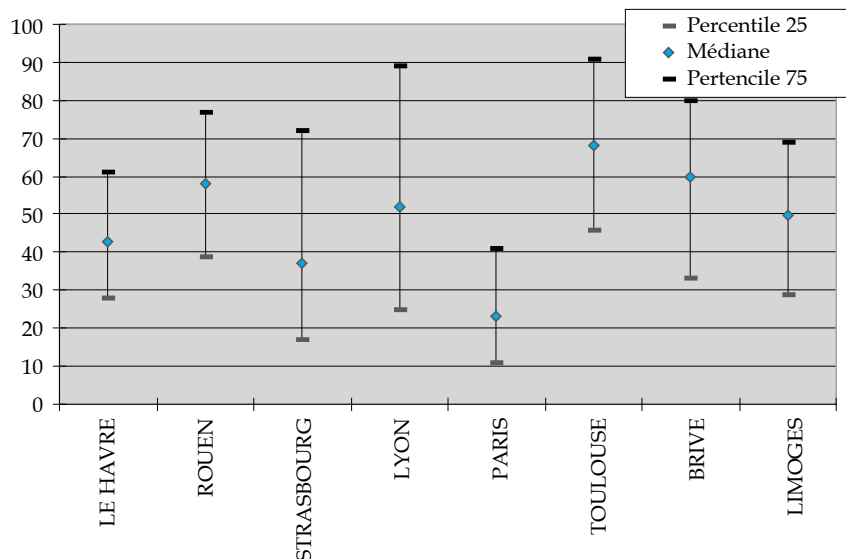
Tableau 26 : **Distribution des indicateurs d'exposition par gamme d'exposition (Données source ARQAL)**

PLAGE DE CONCENTRATIONS ($\mu\text{G}/\text{M}^3$) SAISON	NO_2			O_3		
	An	Été	Hiver	An	Été	hiver
[0-10]	20	19	1	14	0	14
[10-20]	164	120	44	37	2	35
[20-30]	118	40	78	49	5	44
[30-40]	45	4	41	43	7	36
[40-50]	17	0	17	38	18	20
[50-60]	1		1	46	32	14
[60-70]	0		0	53	41	12
[70-80]				30	24	6
[80-90]				19	18	1
[90-100]				13	13	0
[100-110]				12	12	
[110-120]				6	6	
[120-130]				4	4	
[130-140]				1	1	
[140-150]				0	0	
> 150				0	0	

Graphique 5 : **Distribution des concentrations moyennes journalières en NO_2 (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) dans 6 grandes villes françaises entre 1991 et 1995 et à Limoges et à Brive-la-Gaillarde en 1998-99**



Graphique 6 : **Distribution des concentrations moyennes journalières sur 8 heures (9 h - 17 h) en ozone (en mg/m³) dans 6 grandes villes françaises entre 1991 et 1995 et à Limoges et à Brive-la-Gaillarde en 1998-99**



● Recueil des données d'admissions hospitalières pour motifs respiratoires et cardio-vasculaires

Les données d'admissions hospitalières ont été obtenues auprès des Départements d'Information Médicale du CHU de Limoges et des cliniques du Square de Emailleurs et de Chénieux.

Les DIM recueillent les admissions dans les services de soins de court séjour de ces établissements.

Tableau 27 : **Nombre d'admissions hospitalières pour motifs respiratoires du 1^{er} avril 1997 au 31 mars 1998 (CHU de Limoges, Clinique du Square des Emailleurs, Clinique Chénieux)**

	15-64 ANS	> 65 ANS
DU 1 ^{ER} AVRIL 1997 AU 30 SEP. 1997	118	157
DU 1 ^{ER} OCTOBRE 1997 AU 31 MARS 1998	158	233
DU 1 ^{ER} AVRIL 1997 AU 31 MARS 1998	276	390

Source : DIM du CHU, clinique du Square des Emailleurs, clinique Chénieux

Tableau 28 : **Nombre d'admissions hospitalières tous âges pour motifs cardio-vasculaires du 1^{er} avril 1997 au 31 mars 1998 (CHU Limoges, clinique du Square des Emailleurs, clinique Chénieux)**

DU 1 ^{ER} AVRIL 97 AU 30 SEPT. 97	894
DU 1 ^{ER} OCTOBRE 97 AU 31 MARS 98	985
DU 1 ^{ER} AVRIL 1997 AU 31 MARS 1998	1879

source : DIM du CHU, clinique du Square des Emailleurs, clinique Chénieux

- Comparaison aux données sanitaires utilisées dans le cadre de l'étude de l'impact de la pollution dans les 9 villes françaises

Les indicateurs de mortalité (en nombre de décès journaliers toutes causes sauf accidentelles pour 100 000 habitants) sont comparables à Limoges (2.3 décès journaliers pour 100 000 habitants par an) et dans les autres villes ayant participé à l'étude (variation selon les villes entre 1.7 et 2.5 décès journaliers pour 100 000 habitants par an).

3.2.2.3 Estimation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique à Limoges

Si les polluants étudiés peuvent, pour certains, avoir un effet direct sur la santé, ils sont avant tout les témoins d'une exposition à un mélange atmosphérique complexe, inaccessible directement à la mesure. De ce fait, les impacts estimés par indicateur de pollution (les relations exposition-risque sont établies indicateur par indicateur) ne sont pas additifs dans la mesure où la population est exposée à un ensemble de polluants pour lesquels aucun indicateur n'est totalement spécifique. De ce fait les impacts estimés pour chacun des indicateurs ne peuvent être sommés.

- Impact sur la mortalité anticipée :

L'indicateur de pollution pour lequel le nombre de décès anticipés attribuable a été calculé à Limoges est l'indicateur d'exposition à l'ozone.

Calcul réalisé à partir de la distribution des indicateurs d'exposition par gamme d'exposition (de 10 en 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) et non avec les valeurs exactes

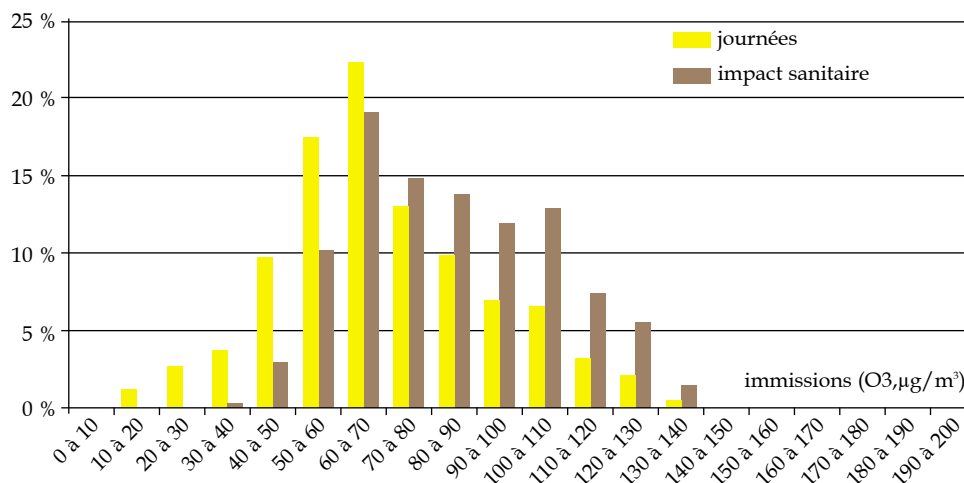
L'impact de la pollution atmosphérique mesurée actuellement, par rapport à une situation théorique sans pollution (niveaux de pollution égaux au percentile 5) est de l'ordre de 19 (9-29) décès anticipés. [été : 11(5-17) ; hiver 8. (4-13)].

Ces résultats peuvent s'expliquer d'une part, par une distribution des valeurs en ozone plutôt élevée à Limoges, et d'autre part, par un taux de mortalité un peu élevé dû à une population plus âgée.

Si pour chaque jour de l'année de la même période d'étude les niveaux avaient été diminués de 25 %, la mortalité anticipée aurait été réduite de 40 % (7.5 décès anticipés évités).

Si les jours de forte pollution sont ceux pour lesquels l'impact sur la mortalité est le plus élevé, leur faible fréquence limite leur impact sur une longue période comme une saison ; ceci est illustré par l'indicateur ozone et la mortalité anticipée estivale (Graphique 7).

Graphique 7 : Répartition de l'impact sanitaire (mortalité anticipée toutes causes) et des journées selon la valeur de l'indicateur d'exposition - Limoges , été 98



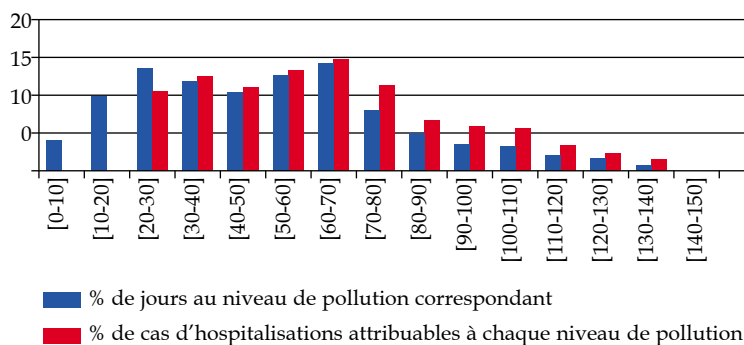
- Impact sur la morbidité hospitalière :

L'impact de la pollution mesurée pendant la période d'étude par rapport à une situation théorique sans pollution (niveaux de pollution journaliers égaux au percentile 5) est de l'ordre de 35 hospitalisations (entre 16 et 57) pour motif respiratoire ou cardiovasculaire.

Le gain sanitaire serait de 46% si les niveaux de pollution étaient réduits de 25 % tous les jours de l'année d'étude.

Le graphique suivant montre que la contribution des jours les plus pollués (niveau supérieur au seuil de protection de la santé de $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$) à l'impact sanitaire sur l'année est faible.

Graphique 8 : **Impact sanitaire (morbidité hospitalière respiratoire) par gamme de concentration en ozone**



3.3 Conclusion

Ces résultats doivent être interprétés comme des ordres de grandeur de l'impact de la pollution atmosphérique sur la santé de la population.

Il s'agit d'une estimation réalisée sur la base des acquis scientifiques actuels et des données disponibles. En effet, les effets de la pollution atmosphérique font l'objet d'une abondante littérature scientifique publiée au cours des dix dernières années qui a notamment conclu à l'existence d'un effet de la pollution, même aux faibles niveaux de pollution et l'inexistence apparente de seuil en dessous duquel il n'y aurait pas d'effet observable dans la population.

Les erreurs et incertitudes liées à la méthode employée portent notamment sur :

- L'estimation de l'exposition de la population.

L'exposition est estimée au niveau de la population et non au niveau individuel alors que chaque individu est au cours d'une même journée exposé à des niveaux de pollution variables en fonction de ses déplacements.

L'estimation de l'exposition de la population repose en effet sur l'hypothèse selon laquelle la moyenne journalière des valeurs enregistrées par les capteurs du réseau de mesure sélectionnés constitue une bonne approximation de la moyenne des expositions individuelles journalières de la population concernée.

- L'utilisation de relations exposition-risque qui ont été établies dans d'autres agglomérations grâce à l'analyse des données sanitaires et des indicateurs d'exposition ; ces derniers pouvant être les traceurs d'une pollution atmosphérique différente.

En effet, les caractéristiques de la pollution atmosphérique qui est un mélange complexe de polluants sont différentes d'une ville à l'autre en fonction des émissions et des conditions météorologiques.

Il ressort de cette évaluation que la pollution atmosphérique a un impact collectif non négligeable et ce pour des niveaux de pollution modérés inférieurs aux objectifs de qualité fixés par la réglementation.

Cette étude montre aussi l'impact limité des jours de plus forte pollution par rapport à l'impact sanitaire global sur l'année.

Ainsi, les efforts doivent porter sur une diminution de la pollution urbaine de fond à laquelle les habitants sont exposés quotidiennement.

Une diminution de 25% des niveaux de pollution journaliers contribuerait à une réduction de 40 % de la mortalité anticipée et de 46% de la morbidité respiratoire et cardio-vasculaire.

1. EFFETS SUR LA VEGETATION

1.1 Synthèse des effets de la pollution sur la végétation

Les pollutions en milieu rural préoccupantes pour la végétation sont principalement :

- La pollution par l'ozone.
- La pollution acide.
- La pollution par le NH₃.
- Et enfin l'augmentation continue des concentrations de CO₂ dans l'atmosphère.

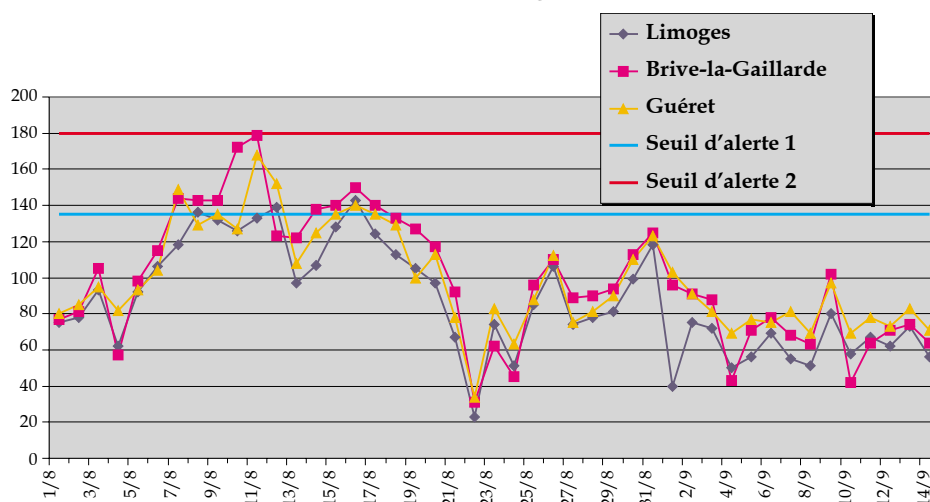
1.1.1 La pollution par l'ozone

L'ozone n'est pas directement rejeté par l'homme. Sa production est liée à la présence conjointe dans l'atmosphère de précurseurs : oxydes d'azote (NO_x), composés organiques volatils (COV) et monoxydes de carbone (CO). Les réactions complexes entre ces gaz sont favorisées par l'ensoleillement. En France, c'est l'automobile qui est pour une grande part responsable des émissions des précurseurs. Pourtant ce n'est pas toujours à l'aplomb des zones urbaines que les plus fortes teneurs en ozone sont rencontrées. Du fait de la complexité des mécanismes de production en jeu, une augmentation des teneurs en précurseurs n'entraîne pas nécessairement une augmentation de la concentration en ozone, et c'est souvent que l'on rencontre des concentrations plus importantes en zones périurbaines ou rurales qu'à l'aplomb des zones urbaines émettrices.

« En ce qui concerne les impacts sur la végétation, on observe, même pour de faibles niveaux de pollution, des perturbations de l'activité de photosynthèse des plantes, une altération de leur résistance, ou encore l'apparition de lésions caractéristiques sur certaines espèces sensibles comme le tabac. On soupçonne l'ozone d'être en partie responsable de la dégradation de la santé des forêts... Enfin, l'ozone est un puissant gaz à effet de serre. L'augmentation de sa concentration dans la troposphère pourrait jouer un rôle significatif dans les modifications du climat à l'échelle globale" (Source : IFEN n° 29).

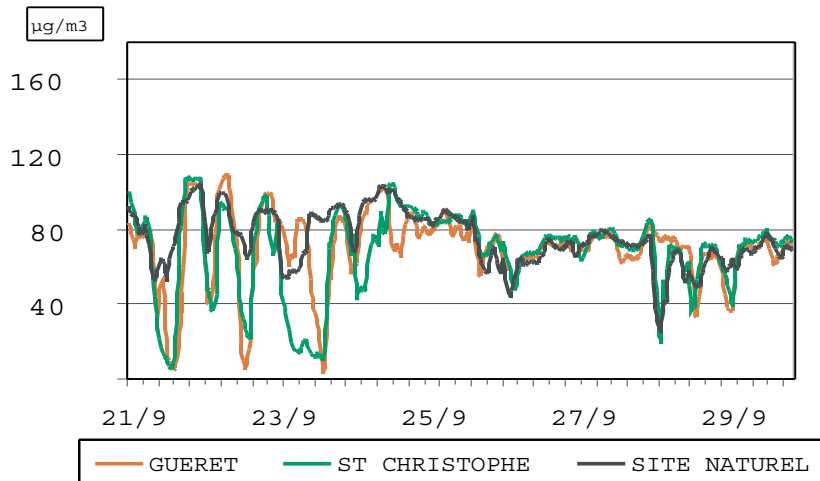
En Limousin, des mesures d'ozone sont effectuées régulièrement dans les villes de Brive-la-Gaillarde, Guéret, Limoges et depuis peu sur Saint-Junien. Elles ont permis de mettre en évidence des pics de pollution non négligeables, en période estivale notamment, lors de fortes chaleurs et de rayonnements ultraviolets intenses. Les valeurs mesurées sont sensiblement les mêmes sur tous les sites de mesure (voir graphique ci-dessous), alors que les conditions de trafic routier et d'activité industrielle sont différentes d'un site à l'autre.

Graphique 9 : **Maximum horaires en ozone du 01/08 au 14/09 1998 à Limoges, Brive-la-Gaillarde, Guéret (Source ARQAL)**



Des mesures comparatives ont également été effectuées entre Guéret (site urbain), St Christophe (milieu rural), et une commune proche du lac de Vassivière (milieu naturel). Les valeurs sont comparables d'un site à l'autre. (voir graphique page suivante).

Graphique 10 : **Mesures des concentrations en ozone du 21 au 30 septembre 1998 (Source ARQAL)**



Ceci laisse supposer que les valeurs mesurées sur Limoges, Guéret, Brive-la-Gaillarde et Saint-Junien sont représentatives des concentrations d'ozone en milieu rural, qui peuvent donc atteindre des concentrations non négligeables lorsque les conditions sont propices à la formation d'ozone.

1.1.2 La pollution acide

Les dépôts acides ont pour origine les émissions de dioxyde de soufre (SO₂) et d'oxydes d'azote (NO_x). Tous les végétaux peuvent être touchés par ces dépôts acides secs ou humides, cependant les effets sont surtout apparus au niveau des arbres forestiers à feuilles persistantes (conifères) où cette pollution est impliquée, avec la pollution par l'ozone, dans le phénomène de dépérissement des forêts.

Ces retombées acides peuvent entraîner plus globalement un effet d'acidification des sols et des écosystèmes aquatiques.

1.1.3 La pollution par l'ammoniac

D'importantes émissions d'ammoniac en zone rurale peuvent avoir de nombreux impacts environnementaux :

- Eutrophisation des milieux, et déséquilibres minéraux au niveau de la végétation (jaunissement).
- Diminution de la résistance de la végétation aux agressions biotiques et abiotiques : sensibilité accrue au froid et à la sécheresse, aux attaques d'insectes ou de champignons.
- Acidification des sols, suite à la nitrification de l'ammoniac par les micro-organismes.

Pour exprimer la sensibilité des écosystèmes terrestres et aquatiques aux apports atmosphériques azotés, la notion de charge critique a été développée. « Par exemple, les valeurs de charges critiques sont de l'ordre de 40 kg Azote/ha/an pour la plupart des écosystèmes forestiers, mais elles ne sont seulement que de 10 kg Azote/ha/an pour les landes » (Source : « La pollution atmosphérique agricole - Pollution du XXI^{ème} siècle » - INRA).

1.1.4 La « pollution » par le CO₂

L'augmentation de la concentration en CO₂ de l'air, dont la cause est la consommation croissante de combustibles fossiles (fuel et charbon) est générale au niveau de la planète et touche donc aussi bien les zones rurales qu'urbaines. Un fort niveau de CO₂, en favorisant le développement des plantes et des arbres, ainsi qu'en provoquant une augmentation de

la température (effet de serre) risque de perturber fortement les équilibres des différents écosystèmes. En particulier, le CO₂ pourrait modifier la sensibilité des plantes et des arbres aux différents polluants atmosphériques.

1.2 L'état des forêts en Limousin

Depuis une dizaine d'années, plusieurs dispositifs ont été mis en place en France dans le but de caractériser de façon objective l'état de santé des forêts et quelques uns des facteurs environnementaux qui peuvent l'influencer.

Dans le cadre du réseau européen de suivi des dommages forestiers un échantillon de 23 placettes (soit 460 arbres et 17 essences) est suivi en Limousin. Ce suivi depuis 1988-1989 a permis de constater les évolutions suivantes :

- Après une longue période à faible taux de déficits foliaires, le chêne pédonculé se dégrade depuis 1995 comme à l'échelle nationale. Le douglas est indemne de déficit foliaire. Pour le Pin Sylvestre, après une longue phase de 1990 à 1995 à très faible déficit foliaire, une forte augmentation est constatée en 1996 plus importante à l'échelle régionale qu'à l'échelle nationale. Globalement, une dégradation de l'état des cimes des feuillus et des résineux est observée à l'échelle régionale, depuis 3 années, mais les taux de déficits foliaires régionaux restent très bas, en particulier pour les résineux, et très inférieurs aux taux nationaux.
- Le taux moyen de mortalité annuel est de l'ordre de 0,4 %, faible bien que ce taux soit double du taux national. Depuis 1988, les mortalités cumulées s'élèvent à 3,7 % des arbres observés.

Parallèlement à l'observation de l'état des cimes, les dépôts atmosphériques sont également mesurés sur une des placettes (épicéas communs). Les dépôts atmosphériques considérés sont ceux impliqués dans le processus d'acidification (acide sulfurique (H₂SO₄), acide nitrique (HNO₃), ammonium (NH₄), et d'eutrophisation (acide nitrique, ammonium).

- Les dépôts soufrés mesurés sont faibles (5-10 kg/ha/an).
- Les dépôts azotés mesurés sont faibles (5-10 kg/ha/an).

L'azote ammoniacal domine légèrement sur ce site.

- Les dépôts de calcium et de magnésium respectivement 6 kg/ha/an et proches de 2,5 kg/ha/an, sont relativement faibles.

Aucune mesure d'ozone n'est exploitable.

Les fluctuations de l'état des cimes sont principalement à mettre en relation avec les séquences climatiques de ces dernières années (sécheresse estivale, gel printanier) et la présence de ravageurs (insectes défoliateurs, champignons foliaires, ...). Des analyses sont en cours actuellement pour mieux comprendre le déterminisme de ces facteurs dans l'état des cimes des arbres. Il n'est pas possible actuellement d'identifier un impact direct de la qualité de l'air, et notamment des concentrations en ozone, sur l'état des arbres en Limousin.

1.3 Impact sur les cultures

Aucune donnée n'est disponible pour tenter de déterminer si la qualité de l'air a un quelconque impact sur les cultures au niveau régional.

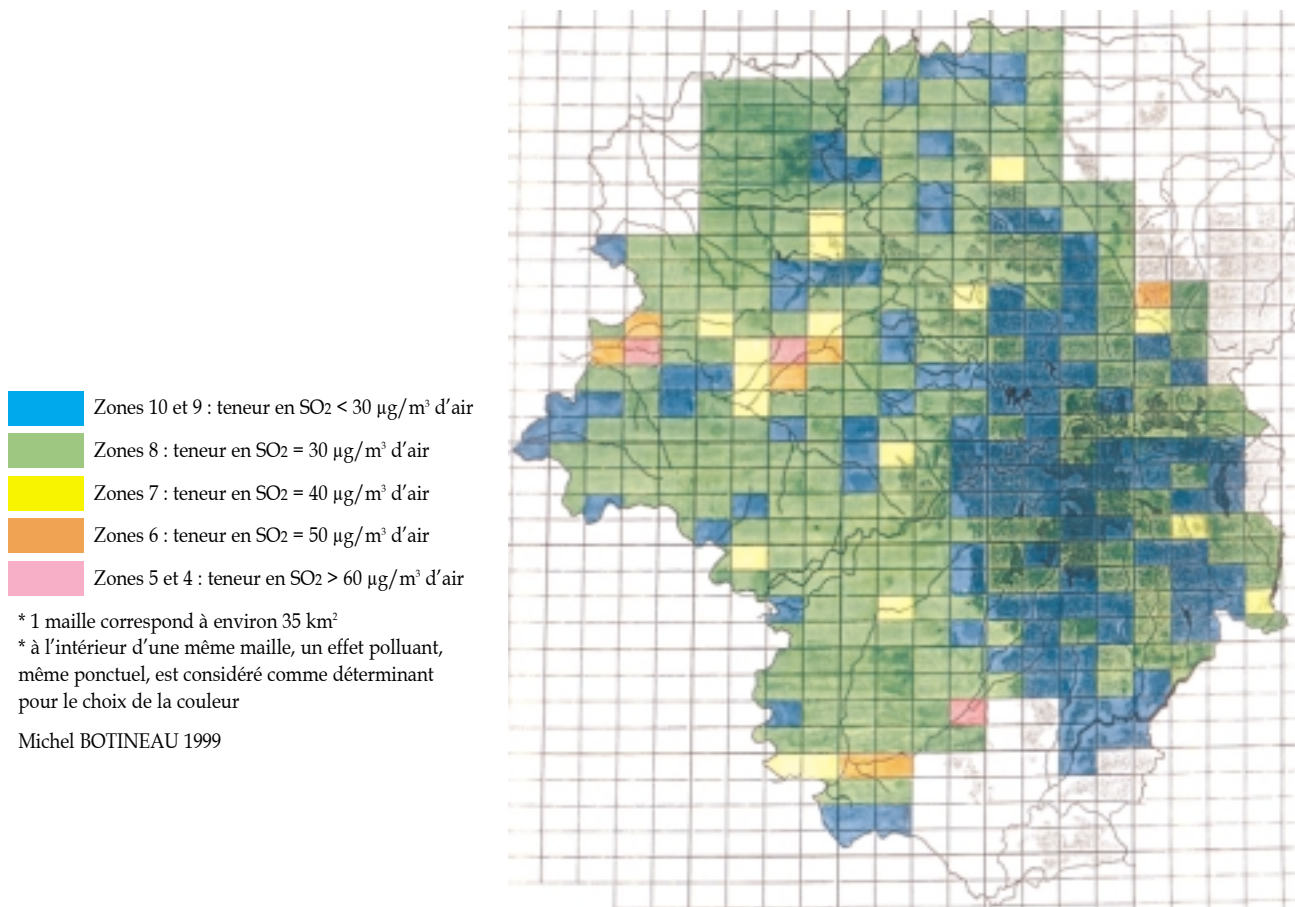
1.4 Les lichens, témoins de la pollution

Les lichens sont très sensibles aux divers types de pollution atmosphérique. Ils ne permettent pas de déceler des pics de pollution, ils sont par contre parfaitement adaptés à l'estimation des pollutions moyennes, et permettent donc de déceler les zones les plus exposées.

En Limousin, deux études ont été menées par le laboratoire de botanique de la Faculté de pharmacie de Limoges:

- L'une a été réalisée entre 1993 et 1997 et avait pour objet l'estimation de la pollution atmosphérique acide en région Limousin à partir de l'observation des lichens épiphytes. Cette étude a permis d'établir une carte des estimations des concentrations en SO_2 dans l'air dans la région Limousin (voir carte ci-dessous, légèrement complétée par rapport à l'étude de 1997).

Carte H : Estimation de la pollution atmosphérique dans la région Limousin



- L'autre étude, réalisée en 1984, avait pour objet l'estimation de la pollution atmosphérique acide dans l'agglomération de Limoges par l'observation des lichens corticoles.

Ces études ont permis d'établir un état des lieux à une période donnée. Il serait intéressant de reconduire ces études pour observer l'évolution de cette pollution atmosphérique en Limousin et sur Limoges.

Des études similaires sur les lichens pourraient également être envisagées pour estimer la pollution atmosphérique azotée. Certaines espèces, dites nitrophiles, se développent davantage lorsque la concentration en composés azotés augmente. D'autres, au contraire, les plus nombreuses, régressent. Dans l'ouest de la France par exemple, la différence de végétation lichénique entre les zones de grands élevages porcins et les autres est frappante. L'observation de ces lichens pourrait utilement être réalisée en Limousin pour évaluer la pollution azotée.

2. EFFETS SUR LE PATRIMOINE BATI

Les problèmes les plus couramment évoqués concernant les effets de la qualité de l'air sur le patrimoine bâti sont:

- D'une part, les attaques chimiques acides des matériaux et principalement de la pierre calcaire.
- D'autre part, les effets de salissures des bâtiments.

Les conditions météorologiques, précipitations, gel, rayonnements solaires, influent sur l'impact des agressions auxquelles sont soumis les bâtiments.

L'état de la connaissance en Limousin :

Il n'existe pas en Limousin d'étude générale concernant l'impact de la qualité de l'air sur le patrimoine bâti.

Dans notre région, la pierre est essentiellement du granit, il y a donc peu de problèmes de dégradation, sinon des salissures.

Les seules études portées à notre connaissance sont menées sur la cathédrale de Limoges :

- Une étude en cours porte sur les contreforts de la cathédrale : des carottages ont été envoyés au laboratoire de Champ-sur-Marne. Les conclusions ne sont pas encore connues.
- Des constatations visuelles sur les pinacles de la cathédrale de Limoges ont montré que sur les parties externes, exposées aux pluies, la pierre est sale mais en état, alors que sur les parties opposées, sous une peau superficielle, le calcaire est dissous. Cette dégradation est attribuée à priori aux émissions dues à la combustion de charbon et de fuel pour le chauffage.

Les fichiers sanitaires des monuments historiques ne contiennent pas de relevé par rapport à la qualité de l'air.

Quant aux rénovations de façades, elles sont pratiquées essentiellement depuis les années 1975-1980, ce qui ne laisse pas suffisamment de recul pour en déduire la « vitesse de salissure » des bâtiments. Par ailleurs, la fréquence des nettoyages de façades dépend également des techniques employées. Lors des rénovations, la pellicule enlevée n'est pas analysée, d'où la difficulté pour déterminer la cause réelle des dégradations.

Un sujet à approfondir pour cerner l'impact de la qualité de l'air sur les bâtiments pourrait être l'étude de la qualité des vitraux ; les vitraux sont en effet très sensibles à la pollution atmosphérique. Une petite enquête auprès des artisans qui rénovent les vitraux anciens permettrait d'approfondir les connaissances.

1. GENERALITE (DRE)

France entière, l'urbanisme tertiaire et résidentiel a consommé, en 1996, 44% de l'énergie (en comparaison à 25% pour l'industrie et 25% pour les transports). La modernisation des systèmes de chauffage des bâtiments publics et des parcs HLM est incontestablement un facteur de maîtrise de l'énergie.

Pour le chauffage des bâtiments, des efforts peuvent être faits par isolation, programmation, régularisation et récupération de chaleur. Pour les transports, le développement du GPL, du GNV, la recherche des pétroliers et le développement de l'utilisation de l'énergie électrique sont des pistes de progrès à poursuivre.

2. MAITRISE DE L'ENERGIE

Deux enjeux permettent d'aborder la question de l'énergie :

1. énergie - facteur de développement
2. énergie - source de nuisances

La maîtrise de l'énergie consiste à équilibrer ces deux enjeux. L'analyse de cet équilibre est effectuée ci dessous en relation avec les questions touchant à la qualité de l'air

2.1 Enjeu 1 : Énergie - facteur de développement

L'énergie est nécessaire à l'activité économique. Elle est source de qualité de la vie.

2.1.1 Nouveaux carburants « propres » = enjeu du tourisme

Actuellement seulement 11 stations GPL en Limousin

2.1.2 Energies locales = développement local

- Hydroélectricité.
- Bois de rebut, et bois d'origine forestière.

Dans le contexte de la qualité de l'air, le bois joue un rôle tout à fait particulier car, d'une part son utilisation comme énergie ne contribue pas à l'effet de serre, et d'autre part, le développement de la forêt contribue à réduire l'effet de serre par stockage du carbone dans les produits issus de son exploitation. Le Limousin a une carte de « poumon vert » à jouer.

Par ailleurs, la région Limousin occupe déjà une bonne place dans le domaine de l'hydroélectricité.

2.1.3 Approvisionnement des zones rurales = une donnée incontournable

... notamment les carburants destinés aux transports

La géographie de la région Limousin rend difficile l'adaptation à des modes de déplacements sobres et propres. Ce handicap est la contrepartie de l'avantage cité précédemment.

2.2 Enjeu 2 : Énergie - source de nuisances

2.2.1 Prévention de l'effet de serre

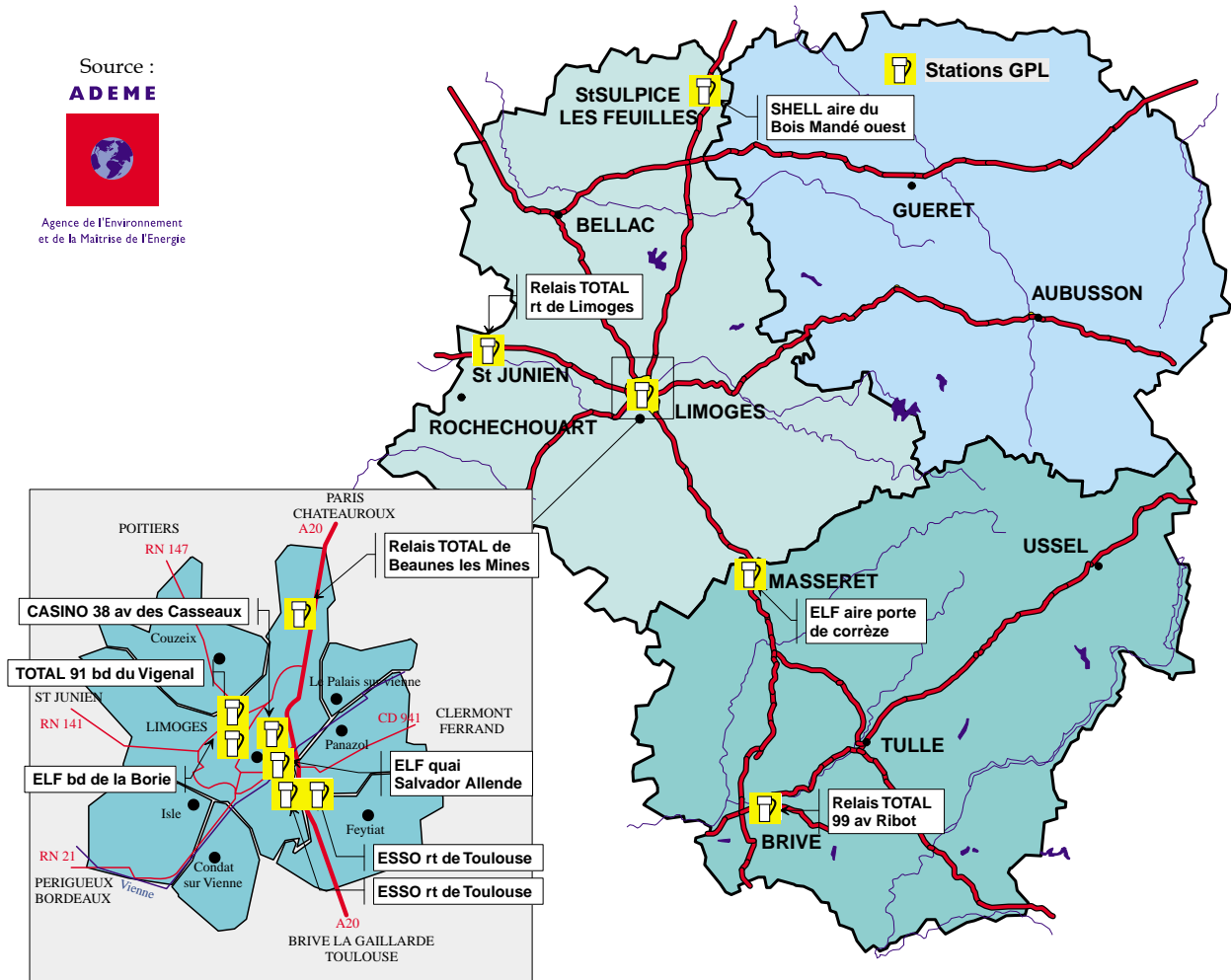
- Augmentation la part des énergies renouvelables : hydroélectricité, bois, photovoltaïque
- Le parc de production hydroélectrique (micro et barrages) étant déjà particulièrement développé sur la région, l'augmentation de puissance disponible en énergies renouvelables est recherchée dans le domaine du bois énergie.

Le besoin est ressenti, notamment chez les organismes en contact avec le grand public, de disposer de documentations actualisées, expliquant les bonnes recettes de réduction des consommations d'énergie. Une telle information peut être diffusée via les organismes concernés par les consommateurs, le logement, les constructeurs, les services sociaux.

2.2.2 Prévention de la pollution atmosphérique

- augmentation de la part des énergies propres : énergies renouvelables, GPL, GNV, Diester (voir parties sur le transport)
- promouvoir des modes de transports plus propres : rail, Déplacements urbains, Déplacements ruraux (voir parties sur le transport)
- améliorer la qualité des équipements thermiques (aspect réglementaire)

Carte I : **Répartition des stations GPL**



1. PERCEPTION DES PROBLEMES DE POLLUTION DE L'AIR EN LIMOUSIN

La DRIRE a fait réaliser par la FLEPNA (Fédération Limousine Etude et Protection de la Nature) en 1996 et 1998, une enquête sociologique sur la qualité de l'air en Limousin : la première réalisée juste avant la création de l'Association Régionale de Surveillance de la Qualité de l'Air en Limousin (ARQAL), la seconde après un an de fondement de cette structure.

Il ressort de ces enquêtes que les limousins ont une bonne connaissance des problèmes de pollution de l'air en milieu urbain. Ils identifient majoritairement (à 68%) la voiture comme étant le principal facteur de la dégradation de la qualité de l'air. Cela confirme les résultats de la 1^{ère} enquête (68 % avaient donné la voiture comme principale cause de pollution dans l'enquête de 1996).

S'ils ne semblent pas inquiets de la qualité de l'air dans les villes de la région (33% pensaient en 1996 qu'il pourrait y avoir des problèmes). Ils sont pratiquement tous intéressés par les résultats des analyses qui seront faites (95%) et souhaitent les voir régulièrement dans les médias régionaux.

L'association créée en octobre 1996 qui n'avait pas spécialement communiqué sur son action et encore moins sur les premiers résultats au moment de l'enquête est quand même connue par 26 % des personnes sondées. Outre sa mission principale de surveillance (27%) et d'information (24%), certains aimeraient la voir agir au niveau de la protection de la nature, de la préservation de l'environnement (12%).

D'ailleurs le fait que 75% des Limousins sondés habitant en ville soient prêts à changer de comportement si on détectait des pics de pollution (77% même avant que ces pics surviennent si on le leur demandait) confirme l'attente de solutions, de propositions voir même de consignes qu'ils souhaitent voir émaner de cette association.

Les solutions individuelles envisagées par ces personnes font ressortir (pour 78% d'entre eux) des actions visant à améliorer la qualité de l'air, plus que des solutions de protection individuelles.

Pour conclure, on peut penser que même s'ils sont peu inquiets par la qualité de l'air dans les villes de la région, les Limousins seront intéressés et attentifs à toutes les informations qui se feront sur ce sujet

2. L'INFORMATION DU PUBLIC

Jusqu'à un passé récent la problématique dominante était celle de la mesure et du contrôle des émissions atmosphériques polluantes, essentiellement d'origine industrielle et bien sûr de leur réduction. Cette problématique est à l'origine de la création des réseaux de surveillance de la qualité de l'air qui historiquement s'est développée à proximité des grands foyers de pollution industrielle.

La publication de la Loi sur l'air affirmant les principes du droit à chacun de respirer un air sain et d'être informé sur la qualité de l'air, a fait évoluer le contexte.

Aujourd'hui la demande de la population en matière d'information sur la qualité de l'air devient de plus en plus forte. Quelle réponse y est apportée aujourd'hui ?

2.1 L'information de fond

2.1.1 L'INDICE ATMO

Devant la nécessité de fournir une information adaptée à un public demandeur, le Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement a développé, avec le concours des associations de surveillance, un système permettant de qualifier la qualité de l'air d'une zone de pollution homogène (agglomération). Ce système d'information (indice ATMO) devait être à la fois simple et représentatif de la situation complexe de la qualité de l'air.

Cet indice journalier de la qualité de l'air caractérise sur une échelle de 1 à 10, par un seul chiffre la qualité moyenne de l'air d'une agglomération sur une journée. Il est construit à partir des concentrations moyennes journalières observées, sur des sites représentatifs de la pollution de fond, de quatre polluants : SO₂-NO₂-O₃ et particules en suspension. Il s'agit d'un indice global et non spécifique qui apparaît pédagogique même s'il est plus un indicateur de pollution qu'un indicateur de qualité. En effet plus l'indice est élevé plus l'air est pollué (indice 1 : qualité excellente ? pas de pollution indice 10, qualité exécration ? forte pollution).

Ce dispositif est adopté par l'ARQAL depuis 1998. L'indice de la qualité de l'air est publié et disponible pour les agglomérations (cf carte F)

Sur le plan national, la diffusion de cet indice par les médias n'a pas été, jusqu'à présent en rapport avec l'intérêt qu'il devrait mériter. Il reste trop limité à un effet d'annonce lors des épisodes de pointes de pollution. Il a été diffusé sur TF1 du 20 avril au 30 septembre 1998 pour l'agglomération de Limoges.

Les différents médias radios, télé, journaux sont destinataires chaque jour de l'indice de la qualité de l'air.

2.1.2 LES PUBLICATIONS DE L'ARQAL

L'ARQAL diffuse régulièrement en 700 exemplaires un bulletin mensuel d'informations sur la qualité de l'air. Ce document mentionne les concentrations constatées des polluants suivis et fait le bilan des épisodes de pollution.

L'ARQAL publie chaque année, son rapport d'activité qui comporte le bilan complet des mesures réalisées, les évolutions constatées et un commentaire sur les différentes situations rencontrées au regard des normes ou des valeurs guides.

2.1.3 LE SERVEUR VOCAL

L'indice de la qualité de l'air de la veille et la tendance du jour pour les agglomérations surveillées sont à la disposition du public sur le serveur vocal

2.1.4 LE RÉSEAU INTERNET

En complément des outils existants pour la diffusion des informations, l'ARQAL dispose d'un site Internet présentant des informations et des résultats de mesures dont les valeurs sont rafraîchies automatiquement aujourd'hui deux fois par jour et très bientôt toutes les 2 à 3 heures.

2.1.5 LE MOBILIER URBAIN

La ville de Brive-la-Gaillarde va présenter tous les jours l'information sur la qualité de l'air au travers des panneaux électroniques du centre ville.

2.1.6 PUBLICATION DE LA DRIRE

La DRIRE a en charge l'inspection des installations classées pour la protection de l'environnement. A ce titre elle a connaissance des principaux rejets atmosphériques. Depuis 1993, la DRIRE publie régulièrement tous les ans un document intitulé « L'environnement industriel en Limousin ». On trouve dans ce document de nombreuses données individualisées et agrégées, notamment les rejets atmosphériques des principaux émetteurs des industries régionales.

2.1.7 L'INFORMATION JOURNALISTIQUE,

Il s'agit de publications ou d'émissions radio ou télévisées ponctuelles ou plutôt liées à l'aspect sensationnel et médiatique des pointes de pollution.

En dehors de ces épisodes fortement médiatisés, l'ARQAL reste sollicitée pour des publications et articles grand public sur le thème de la qualité de l'air et de ses effets sur la santé.

La ville de Limoges va mettre en place sur le réseau câblé Limougeaud (30 000 foyers) l'information sur la qualité de l'air au quotidien.

2.1.8 L'INFORMATION SPECIALISEE

Le thème de la qualité de l'air est un thème transverse qui intéresse de nombreux domaines : l'industrie, le trafic routier, la santé, la météorologie, la chimie des polluants... et concerne donc un ensemble d'acteurs d'horizons divers.

Ainsi si les connaissances dans ce domaine sont riches, elles demeurent peu organisées car les compétences sont partagées.

Un autre constat qui peut être fait est que les informations relatives à la qualité de l'air et à ses effets (sur la santé, les végétaux) circulent principalement à l'intérieur d'une même catégorie socioprofessionnelle : les agents des réseaux de mesure, les industriels, les milieux de la santé, le monde de la recherche, les secteurs des transports, les spécialistes de météorologie. Elles sont rarement croisées, comparées et complétées. Cette information spécialisée devrait cependant arriver le plus distinctement possible jusqu'au grand public.

2.2 L'information en cas de pointe de pollution

En cas de pointe de pollution atmosphérique d'un des deux polluants : O₃, NO₂, le public doit être informé. Pour ces deux polluants, à partir des concentrations précisées par le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France, des niveaux de pollution ont été définis comme suit :

SUBSTANCES POLLUANTES	NIVEAU DE MISE EN VIGILANCE seuil de mise en vigilance des services techniques et administratifs	NIVEAU DE RECOMMANDATIONS seuil d'information et de recommandations à l'attention du public	NIVEAU D'ALERTE seuil d'alerte
OZONE O ₃	150 µg/m ³ horaire	180 µg/m ³ horaire	360 µg/m ³ horaire
DIOXYDE D'AZOTE NO ₂	135 µg/m ³ horaire	200 µg/m ³ horaire	400 µg/m ³ horaire