



Plan Régional *pour la Qualité de l'Air*

*L'air se découvre...
avec le PRQA Nord - Pas-de-Calais.*



Liberté • Égalité • Fraternité

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Sommaire

Page 5 Introduction

Page 8 P a r t i e I

Généralités sur la pollution de l'air et ses effets sur la santé et l'environnement

Page 9 I.1 - **Notions générales** sur les polluants de l'air et les normes

Page 19 I.2 - **Rappel sur les effets** des polluants de l'air sur la santé

Page 30 I.3 - **Les effets** sur l'environnement

Page 34 I.4 - **Les enjeux** de l'information

Page 36 P a r t i e II

Etat des lieux et perspectives dans la région Nord - Pas-de-Calais

Page 37 II.1 - **Les émissions** atmosphériques

Page 67 II.2 - **La qualité** de l'air

Page 100 II.3 - **Conséquences** sanitaires de la pollution de l'air

Page 111 II.4 - **Effets** sur l'environnement

Page 112 II.5 - **Relevé des principaux organismes** qui contribuent dans la région
à la connaissance de la qualité de l'air
et de son impact sur l'homme et l'environnement

Page 116	.....	III.1 - Accroître la connaissance
Page 118	.....	III.2 - Réduire les pollutions
Page 121	.....	III.3 - Améliorer la prise de conscience
Page 123	.....	Annexe : bibliographie régionale
Page 126	.....	Index des cartographies du Nord - Pas-de-Calais

Durant ces vingt dernières années, les sources de pollution atmosphérique ont changé de nature. Les rejets des sources fixes ont diminué, mais ceux des sources mobiles ont augmenté considérablement. Actuellement, 80 % de la pollution atmosphérique en milieu urbain est due au trafic automobile.

Le problème de la qualité de l'air impose ainsi une approche globale du phénomène. Il implique de véritables choix de sociétés et des actions conjointes, en matière d'aménagement du territoire, d'urbanisme, de mode de déplacement,...

La loi du 30 décembre 1996 sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie, dont l'objectif est de prévenir, surveiller, réduire, supprimer les pollutions atmosphériques pour préserver la qualité de l'air, économiser l'énergie et l'utiliser rationnellement est venue répondre à cette nécessité d'approche globale, et prescrit pour ce faire la mise en place d'outils de prévention de la pollution. Elle prévoit entre eux une articulation au travers d'un système de compatibilité.

Deux nouveaux outils voient ainsi le jour avec la loi sur l'air :

- Le Plan Régional pour la Qualité de l'Air :

élaboré par le Préfet de Région, le PRQA se veut un outil d'information, de concertation et d'orientation pour atteindre les objectifs de qualité de l'air.

- Le Plan de Protection de l'Atmosphère :

élaboré par le Préfet, il a pour but de décliner au niveau des agglomérations de plus de 250 000 habitants les objectifs énoncés dans le PRQA. Il prévoit des mesures contraignantes afin de limiter le recours aux mesures d'urgence. Il s'inscrit

Introduction

dans une procédure de concertation et d'élaboration d'actions, le but étant de savoir ce que chaque acteur fera pour améliorer la qualité de l'air.

Le PPA est également élaboré dans les zones où les valeurs limites sont dépassées ou risquent de l'être. Il a pour objet de ramener, à l'intérieur de la zone concernée, la concentration en polluants dans l'atmosphère à un niveau inférieur aux valeurs limites fixées par décret et qui devront permettre d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de ces polluants pour la santé humaine ou pour l'environnement.

Par ailleurs, la loi remet en scène **les Plans de Déplacements Urbains** en les élargissant et en leur conférant une dimension environnementale. Elaborés par les autorités organisatrices des Transports Urbains, ils sont rendus obligatoires pour toutes les agglomérations de plus de 100 000 habitants. Les PDU doivent viser à assurer un équilibre durable entre les besoins de mobilité et de facilité d'accès, et la protection de l'environnement et la santé. Leur objectif est d'instaurer un usage coordonné de tous les modes de transports par une affectation équitable de la voirie au profit de modes moins polluants.

Comment s'articulent ces différents outils ?

Quels sont leurs domaines de compétence ?

- PRQA/PPA :

le PPA est une déclinaison territoriale du PRQA dans un contexte local très précis qu'il a pour mission de bien identifier. Il doit donc être compatible avec le PRQA. En particulier, le PPA doit définir avec précision le dispositif d'alerte dans sa zone d'action.

- PDU/PRQA et PDU/Schémas Directeurs :

les PDU jouent un rôle charnière : d'un côté, ils doivent être compatibles avec les orientations des schémas directeurs et les PRQA, de l'autre, les décisions des collectivités locales en matière de police et d'aménagement local (POS, ZAC) doivent être compatibles avec leurs propres orientations. Le PDU complète les grandes orientations du développement urbain préconisées par le Schéma Directeur.

- PDU/PPA :

le PPA doit prévoir des mesures préventives ou d'urgence de restriction ou de suspension destinées à réduire des activités concourant aux pointes de pollution, y compris le cas échéant la circulation des véhicules. Il doit fournir au PDU une argumentation pollution atmosphérique/santé pour étayer les préconisations du PDU en matière de réduction des émissions.

Le PDU doit nourrir le PPA par une vision stratégique à long terme de la réduction des déplacements motorisés. Dans ses objectifs, il doit permettre un partage de la voirie au profit de modes de transport moins polluants allant dans le sens d'une amélioration de la qualité de l'air.

La cohérence de ces documents est un enjeu d'autant plus important qu'ils ne sont pas élaborés par les mêmes autorités. Il s'agit donc d'articuler des politiques publiques relevant d'un côté des compétences de l'Etat et de l'autre de celles des collectivités locales.

Le Plan Régional pour la Qualité de l'Air

Le contenu et les modalités d'élaboration du plan sont définis par la loi sur l'air et son décret d'application n° 98-362 du 6 mai 1998 relatif aux plans régionaux pour la qualité de l'air.

Le PRQA doit fixer des orientations permettant, pour atteindre les objectifs de qualité de l'air, définis par décret, de prévenir ou de réduire la pollution atmosphérique ou d'en atténuer les effets. Il peut également fixer des objectifs de qualité de l'air spécifiques à certaines zones, lorsque les nécessités de leur protection le justifient.

Le PRQA doit comprendre :

- Une évaluation de la qualité de l'air dans la région et de son évolution prévisible,
- Une évaluation de l'impact de la qualité de l'air sur la santé et l'environnement naturel et historique,

- Un inventaire des émissions des substances polluantes définies par la loi sur l'air et une estimation de leur évolution,
- Une présentation des organismes qui contribuent dans la région à la connaissance de la qualité de l'air et de son impact sur l'homme et l'environnement.

Les orientations du PROA doivent porter notamment sur :

- Le développement des connaissances sur la qualité de l'air et ses effets,
- L'information du public et les moyens d'amélioration,
- La maîtrise des émissions à la fois des sources fixes et des sources mobiles.

Organisation des travaux

La commission d'élaboration du PROA a été installée le 5 juin 1997 en Préfecture de Région. Sa composition a été officialisée par arrêté préfectoral du 9 août 1999. Les différents membres de cette commission ont activement participé aux travaux d'élaboration, qui se sont organisés autour de 7 groupes de travail axés sur les thèmes suivants :

- Santé,
- Milieux naturels, patrimoine et aménités,
- Energie et habitat,
- Transports,
- Industrie et agriculture,
- Alerte, information et formation,
- Surveillance de la qualité de l'air.

Le présent plan est le fruit d'une large concertation ; il fera l'objet dans les années à venir de révisions régulières pour tenir compte de l'évolution des connaissances et rendre compte de l'évolution de la situation suite aux actions concrètes qu'il aura suscitées.

Généralités sur la pollution de l'air et ses effets sur la santé et l'environnement

1.1 - **Notions générales**

sur les polluants de l'air et les normes

1.1.1 - Les sources de pollution

1.1.2 - Les principaux polluants de l'air

1.1.3 - Les normes de qualité de l'air

1.2 - **Rappel sur les effets**

des polluants de l'air sur la santé

1.2.1 - **Notions générales sur les modalités d'interventions des polluants de l'air sur l'organisme**

1.2.1.1 - Points d'impact et pénétration dans l'organisme

1.2.1.2 - Identification et niveaux de concentration dans l'air extérieur

1.2.1.3 - Caractéristiques de la pollution intérieure des locaux

1.2.1.4 - Surveillance et mesure de l'exposition individuelle à la pollution atmosphérique

1.2.1.5 - Facteurs de sensibilité individuelle

1.2.2 - **Effets de la pollution de l'air sur la santé**

1.2.2.1 - Les effets à court terme

1.2.2.2 - Les effets à long terme

1.2.2.3 - Retentissement médico-social de la pollution de l'air

1.2.3 - **Nocivité des polluants de l'air et modalités de leur intervention sur la santé**

1.2.3.1 - Recherches expérimentales chez l'animal

1.2.3.2 - Recherches fondamentales

1.2.3.3 - Exposition contrôlée de volontaires humains

1.2.3.4 - Enquêtes épidémiologiques

1.3 - **Les effets** sur l'environnement

1.3.1 - **Effets locaux des différents polluants sur l'environnement**

1.3.1.1 - Effets des différents polluants de l'air sur les milieux naturels

1.3.1.2 - Effets des différents polluants sur le patrimoine bâti

1.3.1.3 - Effets des différents polluants sur l'aménité

1.3.2 - **Effets globaux des différents polluants sur l'environnement**

1.3.2.1 - Effet de serre

1.3.2.2 - Amenuisement de la couche d'ozone stratosphérique

1.3.2.3 - Une pollution secondaire remarquée : "les pluies acides"

1.4 - **Les enjeux** de l'information

1.1 Notions générales

sur les polluants de l'air et les normes

1.1.1

Les sources de pollution

L'air naturel, mélange complexe composé principalement d'azote (78 %) et d'oxygène (21 %), est indispensable à la vie. Chacun de nous en inhale 12 000 à 15 000 litres par jour.

Avec l'avènement de nos civilisations modernes, les quantités de substances diverses rejetées dans l'atmosphère, altérant la composition normale de l'air, n'ont cessé d'augmenter. La quasi totalité des activités humaines est source de pollution de l'air, qui apparaît essentiellement sous deux formes :

- Gazeuse : présence de gaz nouveaux ou augmentation de la proportion d'un gaz existant naturellement,
- Solide : mise en suspension de poussières.

Les activités humaines les plus significatives, dans la contribution à la pollution de l'air, sont les suivantes :

- **La production d'énergie thermique :**

au niveau individuel ou tertiaire (chauffage des logements et des bureaux) comme au niveau industriel (production de vapeur ou d'électricité), la combustion de combustibles fossiles (charbon, fioul lourd, etc.) produit d'importantes émissions polluantes. Le dioxyde de carbone (CO₂), produit inévitable de la combustion des matières organiques dont la concentration croissante dans l'atmosphère contribue à l'effet de serre, le monoxyde de carbone (CO), le dioxyde de soufre (SO₂), les oxydes d'azote (NO_x), les poussières, les métaux lourds, etc. sont concernés.

- **L'industrie :**

l'industrie est à l'origine des émissions spécifiques dues aux processus de traitement ou de fabrication employés. En quantités variables, selon les secteurs industriels, elle est émettrice de monoxyde et de dioxyde de carbone, de dioxyde de soufre, d'oxydes d'azote, de poussières, de composés organiques volatils (COV), de métaux lourds, etc.

- **Les transports et l'automobile :**

la pollution due aux transports a longtemps été considérée comme un problème de proximité, essentiellement perçu dans les villes en raison de la densité du trafic. Aujourd'hui, on sait que les transports, essentiellement routiers et en particulier l'automobile, sont une source de pollution

importante. Les moteurs à explosion sont ainsi de très loin la première cause d'émissions d'oxydes d'azote et de divers hydrocarbures. Les moteurs diesels, moins polluants pour ce qui concerne ce dernier type d'émissions, sont en revanche à l'origine de particules et de dioxyde de soufre. La contribution des transports à la pollution ne cesse de s'accroître du fait de l'augmentation du trafic directement liée à l'évolution économique, en dépit des nombreux progrès technologiques réalisés au cours des dernières années.

- **Les déchets :**

ils sont à l'origine de plusieurs types de polluants, parmi lesquels :

- Le méthane : abondamment dégagé par la décomposition des matières organiques, il contribue fortement à l'effet de serre. En décharge par exemple, il y a formation d'un biogaz contenant de 40 à 60 % de méthane (le reste étant du gaz carbonique, de l'azote, du gaz sulfhydrique, et divers acides plus ou moins volatils et soufrés) sur une période pouvant atteindre une dizaine d'années. Le captage du méthane est une obligation réglementaire.
- L'acide chlorhydrique : il est produit par l'incinération (la combustion d'une tonne de déchets ménagers entraîne l'émission de plus de 7 kg d'acide chlorhydrique).
- Les métaux lourds : ils résultent de l'incinération des déchets industriels et des déchets ménagers.
- Les dioxines et les furanes : ils sont principalement générés par les installations d'incinération d'ordures ménagères et ont notamment pour origine la combustion des déchets chlorés.

- **Les activités agricoles** : l'agriculture contribue également à la pollution atmosphérique. Ses émissions (essentiellement l'ammoniac, le méthane, le protoxyde d'azote, le monoxyde de carbone et les produits phytosanitaires) sont liées à la décomposition des matières organiques et à l'utilisation d'engrais et de produits phytosanitaires (cf § 1.3.1.1).

Les sources domestiques de pollution atmosphérique sont également nombreuses et impliquent une responsabilité de la société vis-à-vis de la salubrité des locaux.

On distingue quatre grandes sources de polluants intérieurs :

- **Les dispositifs de combustion (chauffage, cuisson par cuisinière / ou gazinière, cheminée)** constituent une source importante de pollution dans les locaux. Les appareils utilisent divers combustibles (fuel, gaz, charbon, bois, gaz) pour le chauffage, la production d'eau chaude sanitaire et la cuisson des aliments. Les cheminées d'agrément ont plus récemment introduit une source nouvelle. La combustion du bois est une source importante de particules.

Le mode de chauffage est sûrement une caractéristique spécifique du Nord - Pas-de-Calais puisque les familles des anciens mineurs continuent à bénéficier gratuitement du charbon. L'importance de ce type de chauffage dans la région a deux conséquences : d'une part, il contribue à la persistance d'émissions de SO₂ fortes, d'autre part, il explique, pour une large part, la fréquence des intoxications au monoxyde de carbone puisque les poêles à charbon sont souvent vétustes et plus difficiles à régler.

- **Les matériaux de construction et d'aménagement (revêtements de sols et de murs, peintures, mobiliers, etc.)** peuvent relarguer des substances chimiques. Cela est particulièrement important avec les matériaux récents issus de la chimie de synthèse. La mise en œuvre d'un matériau peut être à l'origine de différentes émissions d'allergènes très divers :

- La sublimation des composants du matériau : phénomène décroissant dans le temps mais dont il faudrait préciser la période d'émission et l'éventuel redémarrage en cas de lessivage.
- L'évaporation des solvants lors de la pose et du séchage.
- La décomposition et la dépolymérisation à long terme.
- Tous ces phénomènes physiques sont accentués par une augmentation de la température ou de l'humidité.

- **Les êtres vivants eux-mêmes (êtres humains, animaux de compagnie, végétaux) concourent à l'apport de contaminants**, de nature biologique ou chimique, issus de leur métabolisme. Les activités humaines (cuisine, nettoyage, hygiène, bricolage) ajoutent des polluants divers en quantité souvent importante. Il faut redire que le tabac est une source majeure de pollution, non seulement pour les fumeurs, mais aussi pour leur entourage. La combustion de la cigarette, outre les risques provoqués chez les fumeurs, peut atteindre leur entourage en provoquant à court terme des nuisances sensorielles (irritations oculaire et respiratoire) et, à long terme, en favorisant les pathologies ORL, pulmonaires et cardiaques des non fumeurs exposés, notamment des enfants. Un excès de risque de cancer, très inférieur toutefois à celui des fumeurs, a aussi été observé dans plusieurs études.

- **Les sols sur lesquels sont construits les bâtiments jouent aussi un rôle important.** S'ils renferment des polluants volatils, ceux-ci peuvent s'infiltrer dans l'air intérieur. De même, le radon, un gaz radioactif naturel contenu dans des sols granitiques, peut pénétrer dans le sous-sol des maisons où il arrive qu'on le retrouve à des teneurs importantes.

- **Enfin, le traitement de l'air (ventilation mécanique, conditionnement de l'air), mal réalisé et surtout mal entretenu, peut être aussi une source d'aérocontaminants** (bactéries et parasites, notamment). La ventilation permet le renouvellement de l'air intérieur par de l'air extérieur. La maladie des climatiseurs est associée au développement de champignons tels que : aspergillus fumigatus, Pénicillium etc. Le développement de bactéries ou d'endotoxines est lié à des dysfonctionnements de la ventilation et peut provoquer la légionellose, le "sick building" syndrome ou la fièvre du lundi. Des poussières organiques peuvent être relarguées à partir des dépôts des conduites et des filtres non ou mal entretenus pour des raisons d'impossibilités techniques ou d'économie.

1.1.2 Les principaux polluants de l'air

a) Le dioxyde de soufre (SO₂)

Le **dioxyde de soufre** ou anhydride sulfureux est le plus abondant des composés soufrés. Il peut, sous l'action du rayonnement solaire, se transformer par oxydation en anhydride sulfurique (SO₃) puis, en présence d'eau, en acide sulfurique (H₂SO₄). A ce titre, il intervient de manière prépondérante dans le phénomène des pluies acides.

Des concentrations importantes en dioxyde de soufre peuvent par ailleurs provoquer, selon la durée de l'exposition et la résistance des personnes exposées, des troubles respiratoires plus ou moins graves. Ainsi, les pointes de pollution historiques telles que celles de Londres en 1952 et 1956 ont provoqué des troubles respiratoires et cardiaques avec accroissement significatif de la mortalité affectant les populations les plus sensibles.

Aux niveaux habituels, les conséquences sanitaires sont bien connues et il est probable que la pollution atmosphérique par les oxydes de soufre joue alors le rôle d'un co-facteur de risque associé aux troubles oto-rhino-laryngologiques et respiratoires. Les symptômes respiratoires sont accrus lorsque les oxydes de soufre sont associés à des teneurs simultanément élevées en particules.

Le SO₂ provient de la combustion des charbons et des fuels, des sources mobiles et des procédés industriels (fabrication de l'acide sulfurique et des plastiques, raffinage du pétrole et frittage de minerais sulfureux tels que blendes, galènes, pyrites, etc.). Globalement, on peut considérer que la pro-

duction d'énergie thermique est le principal responsable des émissions de dioxyde de soufre dans l'atmosphère. Ainsi, la combustion d'une tonne de fuel lourd de qualité moyenne est à l'origine d'une émission d'environ 50 kg de dioxyde de soufre.

Depuis 1980, les émissions de dioxyde de soufre toutes origines confondues ont été en moyenne réduites de 72 % en France.

En Europe, la principale source d'émission de SO₂ est la combustion d'énergie fossile : les centrales thermiques et les installations de chauffage domestique sont responsables d'environ 66 % des rejets totaux. Vient ensuite l'industrie avec près de 32 % des émissions. Ces moyennes, établies en 1992 par la Commission Européenne, doivent cependant être considérées de façon nuancée. En effet, les situations varient sensiblement d'un pays, voire d'une région à l'autre : en France et aux Pays-Bas, par exemple, la combustion représente moins de 40 % du total, alors qu'elle dépasse 75 % en Espagne et au Royaume-Uni. Les données recueillies par la Commission indiquent que la moitié des émissions de dioxyde de soufre proviennent de 5 % des régions seulement. Parmi ces régions figurent évidemment celles qui sont fortement industrialisées comme la Ruhr en Allemagne et le North Yorkshire au Royaume-Uni.

b) Les oxydes d'azote

Les **oxydes d'azote** qui jouent un rôle important dans la pollution atmosphérique sont l'oxyde nitrique (ou monoxyde d'azote, NO), le peroxyde d'azote (NO₂) et le protoxyde d'azote (N₂O). Quoique leurs effets soient différents, il est fréquent de raisonner sur leur somme exprimée en équivalent NO₂, que l'on caractérise par le terme NOx.

L'oxyde nitrique est un gaz incolore qui se forme à

haute température dans les phénomènes de combustion, en particulier par combinaison dans la flamme entre azote et oxygène. Il se transforme lentement dans l'atmosphère en peroxyde d'azote, mais est assez stable à haute température.

Le peroxyde d'azote est un gaz brun-orange à l'odeur caractéristique. A des températures inférieures à -11°C, il est polymérisé en dimère (N₂O₄). Au fur et à mesure que la température augmente, le dimère se dissocie en monomère (NO₂). Au-delà de 158°C, le peroxyde d'azote se trouve totalement sous forme de monomère. Puissant oxydant et corrosif, le peroxyde d'azote est irritant et très toxique, notamment par action directe sur les poumons, où il pénètre profondément en accroissant la sensibilité des bronches aux agents broncho-constricteurs.

Les valeurs d'exposition indicatives qui peuvent être admises dans l'air des locaux de travail ont été fixées par le Ministère du travail à :

- 3 ppm (6 mg/m³) pour le peroxyde d'azote (valeur limite d'exposition),
- 15 ppm (30 mg/m³) pour le monoxyde d'azote (valeur limite de moyenne d'exposition).

Le peroxyde d'azote est l'un des gaz incriminés au titre de l'effet de serre avec le gaz carbonique (CO₂), le méthane (CH₄), les chlorofluorocarbures (CFC) et l'ozone troposphérique (O₃). Parmi ces gaz, le gaz carbonique serait responsable de la moitié de l'effet de serre. Les oxydes d'azote constituent en outre l'un des principaux précurseurs de la pollution photochimique.

En France, les oxydes d'azote sont principalement émis par les véhicules automobiles, les installations de combustion et certaines installations industrielles telles que les ateliers de fabrication d'acide nitrique, ou encore la galvanoplastie (attaque nitrique des métaux cuivreux).

Au niveau européen, 54 % des oxydes d'azote émis proviennent des transports routiers, 17 % des centrales thermiques et 14 % des foyers domestiques. Quoique variant sensiblement d'un Etat membre à un autre, la répartition des émissions par secteurs est plus homogène que dans le cas du dioxyde de soufre. Les émissions de NOx sont concentrées dans les régions à haute densité de population et de trafic routier.

Les données collectées par la Commission Européenne pour ce polluant indiquent que les réductions d'émissions obtenues au cours des vingt dernières années grâce à un contrôle accru de la pollution sont plus que compensées par l'élargissement constant du parc automobile. En d'autres termes, les rejets d'oxydes d'azote continuent de progresser dans plusieurs pays.

c) Les composés organiques volatils (COV)

Les **composés organiques volatils** (hydrocarbures, solvants...) proviennent notamment des sources mobiles et de procédés industriels tels que le raffinage du pétrole, le dégraissage des métaux, l'application de peintures et de vernis, l'imprimerie, etc.

Ils constituent une famille de polluants d'une forte diversité et d'une grande complexité. Ils se différencient des hydrocarbures par le fait qu'ils comportent, en plus des atomes de carbone et d'hydrogène (constituants uniques des hydrocarbures), d'autres atomes divers et variés (chlore, oxygène, soufre, azote...). C'est pour cette raison qu'on les qualifie de composés organiques volatils non méthaniques (COVNM).

En France, les émissions anthropiques de COV ont été estimées à 2 866 milliers de tonnes en 1990,

dont 30 % environ étaient imputables aux activités industrielles. Les COV interviennent dans le phénomène de pollution photochimique en réagissant avec les oxydes d'azote sous l'action des rayons ultraviolets pour former l'ozone troposphérique (O₃). Outre les combinaisons polluantes qu'ils peuvent donner dans l'atmosphère, ils peuvent également avoir une action irritante et être à l'origine de troubles neuro-digestifs.

De nombreuses actions sont engagées pour réduire les émissions de composés organiques volatils. Ces actions en faveur d'une réduction des émissions des hydrocarbures et solvants se traduisent notamment par :

- L'arrêté ministériel du 4 septembre 1986 sur les stockages d'hydrocarbures,
- La circulaire du 11 juillet 1987, modifiée par la circulaire du 3 juillet 1995, sur l'application des peintures sur les véhicules automobiles,
- L'instruction technique du 5 avril 1988 sur les imprimeries,
- L'instruction technique du 25 août 1988 sur les installations de prélaquage,
- L'arrêté ministériel du 8 décembre 1995, relatif à la lutte contre les émissions de COV résultant du stockage de l'essence et de sa distribution des terminaux aux stations-service.

d) Le monoxyde de carbone

Le **monoxyde de carbone (CO)**, produit chimique constitué de carbone et d'oxygène, est un gaz incolore, inodore et plus léger que l'air d'environ 3 %. Il constitue un poison pour tous les animaux à sang chaud et pour de nombreuses autres formes de vie. En cas d'inhalation, il se combine avec l'hémoglobine du sang : il empêche l'absorption de l'oxygène et provoque l'asphyxie.

Le monoxyde de carbone se forme lorsque l'on brûle du carbone ou des substances carbonées dans une atmosphère manquant d'air. Mais, même lorsqu'il y a en théorie suffisamment d'air, la combustion n'est pas toujours totale, et les gaz qui en sont issus contiennent une certaine quantité d'oxygène libre et de monoxyde de carbone.

Une réaction incomplète est fréquente lorsqu'elle est rapide, comme c'est le cas dans un moteur à explosion. Ainsi, les automobiles émettent des gaz contenant des quantités dangereuses de monoxyde de carbone, parfois plusieurs pour cent, malgré les dispositifs antipollution destinés à maintenir leur niveau en dessous de 1%. Dans l'air, même une proportion de un millième de 1% de monoxyde de carbone peut provoquer des symptômes d'empoisonnement, et une proportion aussi faible que un cinquième de 1% peut être fatale en moins de 30 minutes. Le monoxyde de carbone est l'un des principaux constituants de la pollution atmosphérique en zone urbaine.

Etant inodore, le monoxyde de carbone est un poison insidieux qui ne provoque que des symptômes légers de maux de tête, de nausées, ou de fatigue, suivis d'une perte de connaissance. Un moteur d'automobile qui tourne dans un garage fermé peut empoisonner l'air en quelques minutes. Un conduit de chaudière percé peut remplir une pièce d'un poison insoupçonné. Le gaz de chauffage, qui peut contenir jusqu'à 50 % de monoxyde de carbone, contient souvent de faibles quantités de composés sulfurés d'odeur désagréable, rajoutés pour rendre les fuites détectables.

e) Le dioxyde de carbone

Le dioxyde de carbone ou gaz carbonique est un gaz incolore, inodore, dont la molécule est formée d'un atome de carbone relié à deux atomes d'oxygène (CO₂) par deux doubles liaisons.

L'atmosphère contient des quantités variables de dioxyde de carbone, généralement de 3 à 4 parties pour 10 000 et cette valeur est en augmentation de 0,4 % par an. Le gaz carbonique est utilisé par les plantes vertes dans un procédé appelé photosynthèse, qui est à la base de la synthèse des glucides. Le dioxyde de carbone peut être obtenu de différentes façons : par combustion ou oxydation de composés contenant du carbone, tels que le charbon, le bois, le pétrole, les huiles ou les aliments ; par la fermentation de sucres ; par la décomposition de carbonates sous l'effet de la chaleur ou d'acides. Industriellement, le dioxyde de carbone est récupéré des gaz dégagés par les hauts-fourneaux, des procédés de fermentation, de la réaction des acides sur les carbonates, et de la vapeur d'eau sur le gaz naturel, étape du procédé industriel de production de l'ammoniac.

La présence de dioxyde de carbone dans le sang stimule la respiration. Ce gaz est ajouté pour cette raison à l'oxygène ou à l'air pour la respiration artificielle, ainsi que dans les gaz utilisés en anesthésie.

Les principales sources de productions de CO₂ dans l'atmosphère sont les transports routiers, l'activité humaine et industrielle. Le CO₂ est le principal responsable de l'effet de serre.

f) L'ammoniac

L'ammoniac est un gaz incolore, piquant, de formule NH₃, très soluble dans l'eau. C'est un important sous-produit dans la synthèse du gaz combustible. L'ammoniac est un important réfrigérant. Il est

largement utilisé dans les industries chimiques, en particulier dans la synthèse d'engrais, d'acide nitrique et d'explosifs.

Les rejets dans l'atmosphère sont principalement dus à l'industrie et à l'agriculture (ensilage du maïs par exemple).

g) Les autres polluants

g1) Les poussières

Les rejets de poussières ont plusieurs origines :

- Les installations de combustion du secteur résidentiel, tertiaire, industriel, utilisant des combustibles fossiles ou leurs dérivés. Ces poussières sont essentiellement :
 - des cendres,
 - des stériles,
 - des imbrûlés,

et sont généralement considérées comme gênantes mais non toxiques.

- Les processus industriels mettant en œuvre des produits solides pulvérulents (sidérurgie, fabrication d'engrais, cimenteries, etc.) ou des installations de combustion utilisant ou détruisant des combustibles non commerciaux ou des déchets (déchets industriels, ménagers...).
- Les véhicules diesels, notamment pour les particules de faible taille (< 10 µm).

Les poussières peuvent être d'origine minérale : poussières provenant de l'extérieur mais aussi de l'intérieur des locaux (laine de verre, plâtre, enduits). Elles peuvent également être d'origine organique, comme les particules liées à la fumée du tabac, mais aussi les squames et débris issus des textiles et des résidus venant des animaux ou des plantes.

Les effets des poussières sont variables en fonction de leur composition, de leur taille et, en particulier, de la présence ou non de métaux lourds et de composés organiques persistants adsorbés. Les poussières peuvent provoquer des difficultés respiratoires chez les personnes fragiles, en synergie avec d'autres polluants, notamment les composés soufrés.

g2) L'ozone

L'ozone, molécule gazeuse formée de trois atomes d'oxygène (O₃), filtre dans les parties hautes de l'atmosphère les rayons ultraviolets provenant du soleil, protégeant ainsi la vie sur terre : on parle de couche d'ozone ou d'ozone stratosphérique.

L'ozone troposphérique, à distinguer de l'ozone stratosphérique, dont la fonction bénéfique est fondamentale, n'est pas un polluant primaire (émis directement par une source) mais secondaire (résultant de réactions photochimiques entre composés carbonés et azotés d'origine anthropique ou naturelle).

Les principaux précurseurs de l'ozone sont les oxydes d'azote, le monoxyde de carbone, les hydrocarbures et les COV. Cette pollution dite photochimique se forme préférentiellement en été lors de forts ensoleillements.

L'action de ce gaz est variable selon sa concentration, la durée d'exposition et la tolérance de chacun. Les vapeurs d'ozone sont particulièrement irritantes pour le système respiratoire et les muqueuses oculaires. Il agit également sur l'ensemble des processus physiologiques des végétaux, en particulier sur la photosynthèse dont l'activité est altérée, ce qui a pour conséquence une diminution de leur croissance.

Remarques :

- La troposphère est la couche de l'atmosphère comprise entre 0 et 15 km d'altitude en moyenne (à 15 km d'altitude, la température est d'environ moins 50°C). C'est dans cette zone que se situe la plupart des phénomènes météorologiques. Elle contient environ les neuf dixièmes de la masse d'air et pratiquement toute la vapeur d'eau (et donc les nuages) de l'atmosphère. Elle est constituée d'un mélange stable dont la composition reste constante et qui forme l'air que nous respirons (azote : 78 %, oxygène : 21 %, gaz carbonique et gaz rares : 1 %).
- La stratosphère, couche supérieure à la troposphère, est comprise entre 15 et 50 km d'altitude. La couche de concentration maximale d'ozone (couche d'ozone) se situe dans cette zone entre 25 et 30 km. Dans la stratosphère, la température augmente pour avoisiner 0°C à 50 km.

g3) Le cadmium et le mercure

Il s'agit de deux métaux lourds que l'on peut trouver :

- Dans la métallurgie des non ferreux,
- Dans les installations d'incinération telles que les usines d'incinération d'ordures ménagères ou certains incinérateurs de déchets industriels,
- Dans certaines fabrications (exemple du mercure pour la fabrication d'acide chlorhydrique).

g4) L'acide chlorhydrique

Les rejets d'acide chlorhydrique dans l'atmosphère résultent principalement de l'incinération des ordures ménagères et de la combustion de charbons (qui présentent naturellement des teneurs variables en chlore). Dans le cas de l'incinération des ordures ménagères, les principales sources sont les plastiques, auxquels sont imputables

jusqu'à 50 % des rejets, mais également les papiers et cartons ainsi que les caoutchoucs...

Des intoxications chroniques par les composés chlorés peuvent être à l'origine de manifestations cutanées (acné chlorique), de troubles respiratoires (bronchites et emphysèmes), oculaires (conjonctivites), digestifs et dentaires.

L'inventaire des émissions atmosphériques régionales réalisé par le CITEPA (cf. §2.1), tout comme les résultats des réseaux de surveillance de la qualité de l'air de la région, ne tiennent pas compte de ce polluant qui fait cependant l'objet d'analyses en continu sur certaines installations industrielles et sur les UIOM dans le cadre de l'autosurveillance réglementaire.

g5) Les produits fluorés

En région Nord - Pas-de-Calais, les quatre principales sources de pollution fluorée sont :

- L'industrie des tuiles et briques,
- L'industrie des céramiques,
- L'industrie du verre,
- L'industrie de l'aluminium.

Pour les industries des tuiles, briques et céramiques, les émissions fluorées ont pour origine l'utilisation des argiles qui contiennent en quantité plus ou moins importante du fluor (0,03 % à 0,09 %). Ce fluor se dégage en partie lors de la cuisson des produits. Dans l'industrie du verre, les dégagements de fluor sont essentiellement dus à l'utilisation d'acide fluorhydrique employé pour la gravure sur verre.

g6) Le plomb

Le plomb est émis dans l'atmosphère par le traitement des minerais et des métaux pour ce qui concerne l'industrie et, dans une moindre mesure

depuis la commercialisation de carburants sans plomb, par les véhicules automobiles à essence pour ce qui concerne les sources mobiles.

Dans ce dernier cas, le plomb est utilisé comme anti-détonant sous la forme de plomb tétraméthyle et de plomb tétraéthyle.

g7) Les polluants à l'intérieur des locaux

Un risque majeur : le monoxyde de carbone

L'intoxication par le monoxyde de carbone (CO) est sans conteste le danger le plus sérieux de la pollution atmosphérique en général. C'est la première cause d'accident domestique mortel en France. Rien que pour Paris et sa proche couronne, le Laboratoire Central de la Préfecture de Police a dénombré 241 décès et 4 222 intoxications ayant entraîné l'hospitalisation au cours des dix dernières années (1987-1997). Cette intoxication affecte souvent un individu isolé ou un groupe (famille) mais elle peut aussi se présenter sous la forme d'épidémie : 350 personnes intoxiquées en trois jours en 1993 dans la Région Nord - Pas-de-Calais. Ce problème est récurrent dans la région, puisque cela concerne plus de 1000 personnes chaque année.

Le CO est un gaz incolore et inodore, si bien qu'il n'est pas détectable par les sens. Comme sa densité est proche de celle de l'air, il se mélange parfaitement dans l'atmosphère ambiante. Les premiers symptômes sont banals et sont souvent confondus avec un malaise digestif (nausées, vertiges, mal de tête). Rapidement, apparaissent des vomissements, une torpeur, une faiblesse musculaire et une perte de connaissance. Sans intervention rapide, c'est la syncope et le coma mortel.

La principale cause d'intoxication oxycarbonée aiguë est la combustion incomplète et le défaut

d'évacuation extérieure (poêles ou chauffe-eau mal réglés ou mal (non) raccordés). L'ensemble des appareils fonctionnant au gaz est responsable de près des deux tiers des décès. Le plus souvent, le mauvais fonctionnement de ces appareils est dû à l'encrassement des brûleurs et à l'absence d'entretien régulier. L'absence de ventilation et l'obturation des grilles de ventilation sont des anomalies fréquemment observées. Le CO est également nocif, à dose plus faible et à long terme, pour le cœur et le système nerveux central des sujets sensibles au plan cardio vasculaire.

Les intoxications au monoxyde de carbone, un phénomène saisonnier

Ce sont les mois d'hiver qui sont les plus redoutables (novembre, décembre et janvier) ; on observera cependant un rebond en avril (tirage insuffisant couplé à un fonctionnement au ralenti de l'appareil).

Le recensement des intoxications en France : des résultats parcellaires (Source : Promouvoir la prévention primaire des intoxications monoxycarbonées dans l'habitat minier 1998 - Martine Gundel) Connaître le nombre annuel d'intoxications monoxycarbonées en France est malaisé. En effet, les recensements opérés ne sont pas exhaustifs. Pour l'instant, il n'existe que deux sources de données :

- L'enquête pluriannuelle du Ministère chargé de la Santé,
- L'enquête rétrospective réalisée par les centres anti-poison.

L'enquête réalisée auprès des 13 centres anti-poison révèle que 2 400 appels ont concerné le monoxyde de carbone en 1995 soit 2,2 % de l'ensemble des appels reçus.

1.1.3 Les normes de qualité de l'air

La réglementation française en matière de qualité de l'air s'appuie sur quatre directives européennes existantes dans ce domaine et réglementant la présence dans l'atmosphère de polluants primaires d'origine industrielle ou produits par les transports terrestres, et de polluants secondaires tels que l'ozone, indicateur de la pollution photochimique.

Le décret n° 98-360 du 6 mai 1998 et l'arrêté ministériel du 17 août 1998, pris en application de la loi de l'air, constituent la dernière traduction en droit français de ces directives.

Le décret n° 98-360 du 6 mai 1998

Relatif à la surveillance de la qualité de l'air et de ses effets sur la santé et sur l'environnement, aux objectifs de qualité de l'air, aux seuils d'alerte et aux valeurs limites, il définit en premier lieu :

- Les conditions de surveillance de la qualité de l'air dans les agglomérations de plus de 100 000 habitants et à partir du 1er janvier 2000 pour le reste du territoire national,
- Les procédures d'alerte et les mesures d'urgence,
- Les modalités d'information sur la qualité de l'air.

En second lieu, il fixe :

- Les objectifs de qualité de l'air, qui correspondent à des niveaux de concentration de substances

polluantes dans l'atmosphère à atteindre dans une période donnée ; ces niveaux sont établis sur la base des connaissances scientifiques, dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de ces substances pour la santé humaine ou pour l'environnement. Ils remplacent les "valeurs cibles" des directives européennes.

- Les valeurs limites, qui correspondent aux niveaux maximums de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère déterminés sur la base des connaissances scientifiques dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de ces substances pour la santé humaine ou pour l'environnement.
- Les seuils d'alerte, qui correspondent à des niveaux de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère au-delà desquels une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine ou de dégradation de l'environnement, et à partir desquels des mesures d'urgence doivent être prises.

Le tableau ci-après compare, pour les 13 polluants visés par la directive 96/62/CE du 27 septembre 1996 concernant l'évaluation et la gestion de la qualité de l'air ambiant, les valeurs :

- Fixées dans le décret n° 98-360 du 6 mai 1998,
- Recommandées par le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France (CSHPF),
- Recommandées par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS).

Notions générales sur les polluants de l'air et les normes

Valeurs de référence pour les 13 polluants visés par la Directive 96/62/CE du Conseil du 27 septembre 1996

Polluant visé	Décret n° 98-360 du 6 mai 1998	Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France avis sur "directives filles"	Organisation Mondiale de la Santé
Dioxyde de soufre (SO ₂)	<p>Objectif de qualité 40 à 60 µg/m³ en moyenne annuelle des valeurs quotidiennes 100 à 150 µg/m³ en valeur moyenne quotidienne</p> <p>Valeur limite Dépendante des périodes de l'année et des valeurs des particules en suspension</p> <p>Seuil d'alerte 600 µg/m³ en moyenne horaire</p>	<p>Avis séance du 1er octobre 1997</p> <p>Objectif de qualité 50 µg/m³ en moyenne annuelle des moyennes horaires</p> <p>Valeur limite 125 µg/m³ en moyenne journalière des moyennes horaires</p> <p>Seuil de précaution 250 µg/m³ en moyenne horaire</p> <p>Seuil d'alerte 350 µg/m³ en moyenne horaire sur 3 heures consécutives</p>	<p>500 µg/m³ 10 min 125 µg/m³ 24 h 50 µg/m³ an</p>
Dioxyde d'azote (NO ₂)	<p>Objectif de qualité Centile 50 calculé à partir des moyennes par heure prises sur toute l'année = 50 µg/m³ Centile 98 = 135 µg/m³</p> <p>Valeur limite Centile 98 calculé à partir des valeurs moyennes par heure ou par périodes inférieures à l'heure sur toute l'année = 200 µg/m³</p> <p>Seuil d'alerte 400 µg/m³ en moyenne horaire</p>	<p>Avis séance du 4 juillet 1996</p> <p>Objectif de qualité 50 µg/m³ en moyenne annuelle des moyennes horaires</p> <p>Seuil de précaution 200 µg/m³ en moyenne horaire</p> <p>Seuil d'alerte 400 µg/m³ en moyenne horaire</p>	<p>200 µg/m³ 1 heure 40 µg/m³ année</p>
Particules fines	Cf particules en suspension	<p>Avis séance du 6 juin 1996 Les particules fines (PM 2,5) devront faire l'objet d'une norme au niveau européen</p>	
Particules en suspension (PM10)	<p>Particules fines et en suspension (méthode des fumées noires)</p> <p>Objectif de qualité 40 à 60 µg/m³ en moyenne des valeurs moyennes quotidiennes sur un an 100 à 150 µg/m³ en valeur moyenne quotidienne</p> <p>Valeur limite Centile 50 des valeurs moyennes quotidiennes/an = 80 µg/m³ - Hiver : 130 µg/m³ Centile 98 : 250 µg/m³ La moyenne quotidienne ne doit pas dépasser 250 µg/m³ plus de 3 jours de suite</p>	<p>Avis séance du 6 juin 1996 Particules en suspension (méthode PM10)</p> <p>Objectif de qualité 30 µg/m³ en moyenne annuelle des moyennes journalières</p> <p>Seuil de précaution 80 µg/m³ en moyenne mobile 24 h des valeurs horaires</p> <p>Seuil d'alerte 125 µg/m³ en moyenne mobile 24 h</p>	<p>Absence de seuil</p>

Notions générales sur les polluants de l'air et les normes

Valeurs de référence pour les 13 polluants visés par la Directive 96/62/CE du Conseil du 27 septembre 1996

Polluant visé	Décret n° 98-360 du 6 mai 1998	Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France avis sur "directives filles"	Organisation Mondiale de la Santé
Plomb (Pb)	Objectif de qualité 0,5 µg/m ³ en concentration moyenne annuelle Valeur limite 2 µg/m ³ en concentration moyenne annuelle		0,5 µg/m ³ annuel
Ozone (O ₃)	Objectif de qualité 110 µg/m ³ en moyenne sur 8 heures Seuil d'alerte 360 µg/m ³ en moyenne horaire	Objectif de qualité 110 µg/m ³ en moyenne sur 8 heures Seuil de précaution 180 µg/m ³ en moyenne horaire Seuil d'alerte 360 µg/m ³ en moyenne horaire Seuil de protection des végétaux 200 µg/m ³ en moyenne horaire et 65 µg/m ³ en moyenne journalière	
Benzène (C ₆ H ₆)	Objectif de qualité 2 µg/m ³ en concentration moyenne annuelle	Avis séance du 17 septembre 1997 Objectif de qualité 2 µg/m ³ en moyenne annuelle des moyennes journalières Valeur limite annuelle 10 µg/m ³ en moyenne annuelle des moyennes journalières Valeur limite quotidienne 25 µg/m ³ en moyenne journalière	Valeur d'excès de risque unitaire : 6.10 ⁻⁶ (µg/m ³) ⁻¹ sur toute une vie
Monoxyde de carbone (CO)		Avis séance du 17 septembre 1997 Valeurs limites air extérieur 10 mg/m ³ en valeur moyenne sur 8 heures consécutives 30 mg/m ³ en valeur moyenne horaire	10 mg/m ³ 8H 30 mg/m ³ 1H 60 mg/m ³ 30 mn 100 mg/m ³ 15 mn
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)		Avis séance du 17 septembre 1997 Objectif de qualité 0,1 ng/m ³ en moyenne annuelle des moyennes journalières Valeur limite 0,7 ng/m ³ en moyenne annuelle des moyennes journalières	Valeur d'excès de risque : (BaP) 8,7.10 ⁻⁵ (ng/m ³) ⁻¹
Cadmium (Cd)			5 ng/m ³ an
Arsenic (As)			Valeurs d'excès de risque unitaire : 1,5.10 ⁻³ (µg/m ³) ⁻¹ sur toute une vie
Nickel (Ni)			Valeurs d'excès de risque unitaire : 3,8.10 ⁻⁴ (µg/m ³) ⁻¹ sur toute une vie
Mercure (Hg)			1,0 µg/m ³ an

Notions générales sur les polluants de l'air et les normes

La récente directive 1999/30/CE du Conseil du 22 avril 1999 fixe quant à elle de nouvelles normes pour l'anhydride sulfureux, le dioxyde d'azote et les oxydes d'azote, les particules et le plomb dans l'air ambiant. L'essentiel de ces normes est résumé dans le tableau ci-contre :

Paramètres	Valeurs
Anhydride sulfureux SO₂	
• Valeur limite horaire	350 µg/m ³ au 01/01/2005
• Valeur limite journalière	125 µg/m ³ au 01/01/2005
• Seuil d'alerte	500 µg/m ³ sur 3 heures consécutives
Dioxyde d'azote (NO₂)	
• Valeur limite horaire	200 µg/m ³ au 01/01/2010
• Valeur sur l'année civile	40 µg/m ³
• Seuil d'alerte	400 µg/m ³ sur 3 heures consécutives
Poussières (PM10)	
• Valeur limite journalière	50 µg/m ³ au 01/01/2005
• Valeur limite annuelle	40 µg/m ³ au 01/01/2005
• Valeur limite annuelle	20 µg/m ³ au 01/01/2010
Plomb (Pb)	
• Valeurs limites annuelles	1 µg/m ³ au 01/01/2005 0,5 µg/m ³ au 01/01/2010

1.2 Rappel sur les effets des polluants de l'air sur la santé

Comprendre et interpréter correctement les effets des polluants de l'air sur la santé suppose la connaissance préalable des modalités d'intervention de ces polluants, de leur nocivité, des effets pathologiques qu'ils provoquent, et des méthodes qui permettent de rapporter ces dernières à leur cause. L'objet de ce rappel est d'apporter au lecteur du P.R.Q.A. les éléments de base indispensables dans ces différents domaines.

1.2.1 Notions générales sur les modalités d'interventions des polluants de l'air sur l'organisme

Les effets sur la santé des polluants de l'air sont liés à de nombreux facteurs :

- leurs points d'impact, eux mêmes dépendant de la capacité de pénétration du toxique dans l'organisme,
- leur nature et leur niveau de concentration dans l'air ambiant extérieur et dans les locaux,
- le degré de sensibilité de l'organisme exposé.

1.2.1.1 Points d'impact et pénétration dans l'organisme

a) Points d'impact direct

Les polluants de l'air ont un impact direct sur la muqueuse conjonctivale et sur la muqueuse des voies aériennes supérieures (fosses nasales, rhino-pharynx, larynx), qui sont directement à leur contact.

b) Pénétration par voie respiratoire

La pénétration dans l'appareil respiratoire varie avec la voie d'entrée :

- la respiration par voie buccale facilite le passage des polluants vers la trachée, les bronches et le tissu pulmonaire, en particulier en cas d'efforts physiques qui augmentent la ventilation.
- la voie nasale constitue par contre un filtre efficace, à la fois pour les particules et pour les gaz. Les particules d'un diamètre supérieur à 10 microns sont retenues au niveau des fosses nasales, les particules plus fines franchissent cet obstacle et pénètrent d'autant plus loin dans les voies respiratoires que leur diamètre est plus réduit. Cette notion est importante : elle explique l'intérêt de la surveillance des niveaux de concentration des particules d'un diamètre inférieur à 10 microns (PM 10), voir à 2,5 microns (PM 2,5) qui sont les plus dangereuses pour l'organisme.

- les polluants gazeux sont inégalement retenus au niveau des voies aériennes supérieures : certains, très solubles comme le SO₂, sont fixés par le mucus présent sur les parois des fosses nasales, alors que d'autres, comme les oxydes d'azote (NOx) et l'ozone (O₃) gagnent facilement le bas appareil respiratoire. D'autres encore ont la capacité de franchir la paroi des alvéoles et pénètrent dans le sang, comme l'oxyde de carbone (CO), qui se fixe sur l'hémoglobine des globules rouges à la place de l'oxygène, entraînant l'apparition de symptômes multiples : maux de tête, troubles coronariens et, dans les intoxications graves, coma oxycarboné.

c) Pénétration par voie digestive

La pénétration des polluants de l'air par voie digestive est également possible. Elle fait suite à la retombée sur le sol de polluants particulaires chargés de substances toxiques (métaux lourds, nitrates, dioxines...). Leur accumulation sur le sol, leur solubilisation dans les eaux de pluie rendent possible leur introduction dans la chaîne alimentaire (contamination de la nappe phréatique, incorporation dans les légumes cultivés sur le sol souillé, ou dans l'herbe consommée par le bétail, avec passage à l'homme par absorption de viandes ou de laits contaminés).

1.2.1.2 Identification et niveaux de concentration dans l'air extérieur

a) Identification des principaux polluants

La pollution atmosphérique extérieure est d'une grande complexité. En pratique courante, on se limite à identifier et à mesurer un nombre limité de

polluants : l'anhydride sulfureux (SO₂), le dioxyde d'azote (NO₂), les particules en suspension et les particules fines (PM10), l'ozone (O₃), l'oxyde de carbone (CO), le plomb (Pb). La directive européenne du 27 septembre 1996 prévoit d'étendre la surveillance régulière de l'atmosphère au benzène, aux hydrocarbures polycycliques aromatiques (H.P.A.), au cadmium (Cd), à l'arsenic (As), au nickel (Ni) et au mercure (Hg).

Chacun de ces polluants possède une toxicité qui lui est propre, dont on envisagera plus loin l'expression clinique (1.2.2.1, 1.2.2.2) et les mécanismes de son action sur l'organisme (1.2.3).

b) Niveaux de concentration dans l'atmosphère

Les effets sur la santé sont bien entendu corrélés avec le niveau de concentration de chacun de ces toxiques dans l'air ambiant. Ces niveaux sont susceptibles d'importantes variations temporelles, fonction à la fois de l'importance des émissions et de la rapidité de leur dispersion. Ils peuvent se maintenir à des valeurs élevées pendant des périodes prolongées en période anticyclonique avec absence de vent et présence de brouillard mais ils sont susceptibles de varier rapidement dans le temps et présenter des "pics" capables de déclencher une symptomatologie aiguë. Les réseaux de surveillance automatisés, à pas de temps court (1/4 heure) permettent d'en suivre les fluctuations dans la journée.

c) Facteurs influençant la nocivité de l'air extérieur

La nocivité des aérocontaminants de l'air extérieur est également liée à divers facteurs :

- aux interactions éventuelles entre polluants, qui peuvent combiner leurs effets ou au contraire se neutraliser, ou encore interagir pour donner naissance à des polluants secondaires difficiles à identifier,
- aux interactions avec des facteurs météorologiques : à titre d'exemple, le SO₂ se fixe sur les gouttelettes de brouillard sous forme d'acide sulfurique, et pénètre ainsi plus profondément dans le tractus respiratoire. De même, par temps fortement ensoleillé, le NO₂, en présence de composés organiques volatils donne naissance, sous l'influence de rayonnements ultra violets, à toute une gamme de polluants oxydants photochimiques dont l'ozone est le chef de file.

Cette évolution dynamique de la pollution de l'air extérieur est encore mal connue et en tout cas impossible à suivre actuellement dans le temps.

1.2.1.3 Caractéristiques de la pollution intérieure des locaux

La pollution intérieure des locaux est d'une grande diversité, liée à la fois à la pénétration des polluants de l'air extérieur et surtout aux caractéristiques et à l'équipement du logement et aux activités des occupants. Les pollutions de l'air à l'intérieur des locaux sont généralement moins connues et moins redoutées que celles de l'air ambiant. Leurs causes sont d'origine individuelle (tabac), familiale (mode de vie) ou collective (conception des bâtiments). Les aérocontaminations sont de nature microbiologique, chimique ou physique. Elles sont très diverses et variables dans le temps et dans l'espace, selon le type de local.

La pollution extérieure influence notablement la qualité de l'air intérieur car aucun local n'est totalement isolé du monde extérieur.

a) Pénétration des polluants extérieurs

D'après les études réalisées par le C.S.T.B. (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment), les polluants extérieurs pénètrent plus ou moins facilement à l'intérieur des locaux. Le rapport concentration intérieure / concentration extérieure varie avec l'aérocontaminant : 0,1 à 0,5 pour le SO₂, 0,3 à 0,6 pour le NO₂, 0,3 à 0,7 pour les particules, 0,5 à 0,7 pour l'ozone. Cette pénétration dépend de nombreux facteurs : ventilation intérieure, exposition des locaux, type d'habitation, étage occupé...

b) Matériaux de constructions et revêtements

Les matériaux de construction, les revêtements intérieurs (peintures, vernis, textiles, moquettes) et les produits utilisés pour leur entretien sont susceptibles de libérer en permanence des substances particulières ou gazeuses toxiques (fibres diverses et particulièrement fibres d'amiante, composés organiques volatils, solvants, pesticides, fongicides...).

Les composés organiques volatils (COV), tels le formaldéhyde, libéré en particulier à partir de dispositifs d'isolation mal mis en oeuvre (mousses urée-formol) ou de panneaux de bois aggloméré, ou encore des hydrocarbures, des alcools, des aldéhydes, des cétones, des hydrocarbures chlorés, des acides, etc. provenant des mobiliers, des peintures, d'agents de nettoyage, de solvants, d'aérosols, du tabac. Les peintures libèrent des amines et des COV dont le taux admis en milieu professionnel est de

24 µg/m³. Les composés organiques volatils ont, à court terme, des effets sensoriels (irritation) et pulmonaires. A long terme, certains sont cancérigènes (benzène) ou suspects de l'être (formaldéhyde).

Un problème d'actualité : l'amiante et les fibres

Le terme générique amiante désigne des substances minérales fibreuses contenant de la silice, regroupées en deux variétés dénommées "chrysotile" et "amphiboles". En raison de multiples propriétés liées à sa résistance, l'amiante a été très utilisée comme isolant thermique et acoustique et pour assurer la protection contre le risque d'incendie, notamment pour le flocage, le calorifugeage et dans les faux plafonds. L'amiante entrait aussi dans de nombreux produits industriels (amiante-ciment, textiles, joints d'étanchéité, filtres, etc.) ou domestiques (gants de four, grille-pain, housse de table à repasser, etc.).

Compte tenu de propriétés fibrosantes et cancérigènes (poumon, plèvre et péritoine) observées surtout en milieux professionnels, l'usage de l'amiante a été progressivement limité en France (flocage interdit en 1978), puis quasiment interdit (1^{er} janvier 1997) sauf quelques dérogations. Compte tenu des usages antérieurs de l'amiante dans les bâtiments collectifs et des risques de cancer à long terme (20 - 40 ans), ce problème restera encore longtemps présent et doit par conséquent faire l'objet d'une attention toute particulière.

Selon les usages, des produits fibreux de remplacement, minéraux ou organiques, sont déjà utilisés ou à l'étude : leur biodisponibilité et leurs potentialités cancérigènes font l'objet d'évaluations qui ne sont pas encore achevées, ce qui requiert une vigilance permanente en milieu professionnel ou collectif.

La climatisation et le conditionnement d'air exposent également à des risques sanitaires : les installations mal entretenues sont un lieu privilégié de développement de moisissures ou de bactéries dont la dispersion dans l'atmosphère intérieure est à l'origine de toux rebelles, de crises d'asthme, et parfois d'infections pulmonaires sévères (légiionella) ou de pneumopathies d'origine immunologique (actinomycètes).

c) Activités humaines

Les activités et le comportement des occupants sont une des principales sources de polluants toxiques. Les appareils de chauffage au charbon et la cuisine au gaz libèrent des substances toxiques (CO, SO₂, NO₂, aldéhydes, composés organiques volatils, particules...) dont l'accumulation est favorisée par les installations défectueuses ou à tirage insuffisant. Les micro-organismes (bactéries, virus, champignons microscopiques, parasites) issus des êtres vivants ou d'équipements intérieurs (WC, vide-ordures, dispositifs de traitement d'air) constituent également une source non négligeable de pollution. Par ailleurs, des affections respiratoires d'origine bactérienne sont possibles, la légionellose en particulier. Cette affection pulmonaire grave (10 % de mortalité), compliquée d'autres atteintes (foie, rein), apparaît plus volontiers chez des sujets fragiles dont la réponse immunologique est abaissée spontanément (sujets âgés), par tabagisme et / ou alcoolisme ou, encore, par des traitements immunodépresseurs (cancéreux et greffés en particulier, malades sous cortisone). La bactérie en cause (*Légionella pneumophila*) se développe au mieux dans l'eau à température relativement élevée (35-50°C) : eau chaude sanitaire, certains systèmes de traitement d'air, installations thermales,

saunas, bains chauds. La contamination se fait par inhalation d'aérosols contaminés émis à partir d'eau polluée. Les cas de maladie peuvent être soit isolés, et sont alors difficiles à détecter, soit collectifs, dans des hôtels ou des hôpitaux en particulier. En milieu hospitalier, on signale parfois des cas d'aspergillose (due à un champignon microscopique provenant de poussières extérieures) chez des sujets immunodéprimés et contaminés dans l'environnement intérieur.

Le risque allergénique doit également être pris en considération car la vie domestique est source d'allergènes. Les principaux allergènes sont les acariens présents dans le matériel de literie, la présence de blattes, les poils et les sécrétions d'animaux de compagnie, les moisissures dans les locaux humides. Il faut y ajouter certaines plantes d'appartement, les produits de bricolage, certains produits ménagers dont la liste s'enrichit sans cesse de nouvelles substances dont nous connaissons mal la nocivité potentielle. Les allergies qui peuvent se manifester sous forme de rhinites, d'asthme ou d'eczéma peuvent être déclenchées ou aggravées par de nombreux polluants intérieurs. Les facteurs déclenchants ou aggravants sont des virus et des bactéries respiratoires, des polluants chimiques de l'habitat ou extérieurs, les poussières, la fumée de tabac, le froid et le stress. C'est dire la place importante que prend, dans ces pathologies, l'environnement intérieur, domestique en particulier.

d) Tabagisme passif

Le tabagisme passif tient une place importante dans la dégradation de l'air intérieur. Ses conséquences sur la santé respiratoire sont aujourd'hui bien identifiées, particulièrement chez les enfants en bas âge : fréquence accrue des infections oto-rhino-

laryngologiques et des infections broncho-pulmonaires, fréquence et gravité plus marquées de l'asthme, performances ventilatoires abaissées par rapport aux valeurs enregistrées chez des enfants de même âge vivant en milieu non fumeur, développement de l'appareil respiratoire compromis au long cours.

e) Influence de la ventilation dans les locaux

Quelle que soit son origine, la pollution intérieure des locaux est d'autant plus élevée que la ventilation est moins bien assurée et que l'humidité est plus grande, ce qui facilite l'accumulation des polluants et la pullulation des micro-organismes bactériens et fongiques. On ne soulignera jamais assez le danger que représentent les atmosphères confinées.

1.2.1.4 Surveillance et mesure de l'exposition individuelle à la pollution atmosphérique

Les récentes études épidémiologiques⁽¹⁾ mettent l'accent sur l'importance de l'évaluation de l'exposition individuelle. Cette évaluation n'est pas donnée directement par les réseaux de mesures qui donnent une appréciation du niveau ambiant de la pollution atmosphérique. Pourtant des analyseurs dits de proximité peuvent contribuer à la construction d'un indice d'exposition dans la mesure où ils sont représentatifs d'un type de microenvironnement dans lequel les citoyens passent une partie de leur temps.

a) La notion d'exposition : définitions et mesures

L'exposition d'un individu à un polluant se définit comme un contact entre ce polluant et un revêtement de l'organisme du sujet tel que la peau, les tissus de l'appareil respiratoire, l'œil ou le tube digestif. Le degré d'exposition d'un individu à un polluant s'exprime ainsi par le produit de la concentration en polluant auquel l'individu a été exposé par le temps pendant lequel il a été exposé.

Il faut intégrer également l'activité de l'individu. En marchant, travaillant ou en pratiquant un sport, le volume d'air inhalé augmente beaucoup. La dose reçue au cours de la même unité de temps augmente donc également. Seuls les dosages de biomarqueurs permettent de connaître la dose interne de polluant effectivement reçue par un individu.

L'exposition personnelle globale, au cours d'une journée, intègre la concentration de différents polluants rencontrée dans différents environnements y compris à l'intérieur des locaux. En effet, l'individu y passe, en moyenne, 80 % de son temps. Peu de mesures permettent d'estimer les niveaux de pollution rencontrés dans les maisons. Cette pollution domestique est composée par une partie de la pollution extérieure qui pénètre dans les logements selon une proportion variable selon les polluants et le degré d'aération des logements.

Pour construire un indice d'exposition global, il faut disposer de données sur les caractéristiques socio-démographiques et le mode de vie des habitants. La connaissance du budget espace-temps couplé à des mesures de niveaux de polluants dans l'atmosphère permet d'attribuer aux sujets un degré d'exposition précis.

b) Les différentes méthodes de mesure de l'exposition

On distingue quatre grands types de mesures de l'exposition :

b1) Les mesures directes par dosage de polluants ou de biomarqueurs

dans le sang, urine, cheveux, etc. Il peut s'agir du dosage du polluant lui-même, d'un de ses métabolites ou du produit de l'interaction entre le polluant et une cellule ou une molécule cible. Cependant, les biomarqueurs mesurés dans l'organisme peuvent également refléter la dose biologiquement efficace (qui atteint un organe cible), un effet biologique précoce, une altération d'une fonction de l'organisme ou une maladie. Le dosage peut refléter aussi bien le degré d'exposition que l'effet du polluant et le facteur de susceptibilité individuelle de l'individu. Cette méthode ne permet pas de différencier quelles sont les voies d'exposition (aériennes ou digestives). On connaît mal la relation qui existe entre la concentration d'un polluant dans l'air, la durée du contact, le niveau d'un biomarqueur et l'effet de santé que l'on étudie. Le dosage d'un biomarqueur ne donne des informations précises que s'il est couplé avec des mesures plus conventionnelles de l'exposition.

b2) La bioindication

permet d'estimer l'exposition de la végétation à la pollution atmosphérique. Cette méthode ne sera pas développée ici mais il faut savoir que l'utilisation de la physiologie des végétaux comme indication de la pollution atmosphérique relève plus de l'estimation de l'exposition que de la mesure physico-chimique de la qualité de l'air. En effet, les signes de stress enregistrés sur la végétation et attribués à la

pollution atmosphérique représentent une réponse à un niveau de pollution global intégré sur un certain laps de temps. Il s'agit donc d'évaluer l'exposition du végétal à une pollution atmosphérique considérée dans sa globalité. Pour l'exposition humaine, on essaie plutôt d'évaluer la dose puisque les effets peuvent être brouillés par les caractéristiques de la réponse individuelle et la synergie des polluants entre eux.

b3) Les mesures par capteurs individuels portatifs

ont l'avantage de refléter la dose exacte de polluant respirée par un individu pendant un certain laps de temps, cependant ces mesures se heurtent à différentes limites météorologiques et, en outre, elles sont complètement dépendantes du genre de vie du porteur. Les résultats, pour être généralisés, doivent s'appuyer sur de très nombreuses mesures.

Ces mesures sont assujetties à des protocoles très stricts et astreignants pour les sujets qui doivent porter des appareils pendant 48 h et tenir un journal de bord de leur emploi du temps renseigné sur un pas de temps très fin. Toutefois, ces dispositifs sont appelés à se développer en fonction des progrès de la météorologie.

b4) Les mesures indirectes

consistent à construire des indices d'exposition en fonction des objectifs assignés. Pour connaître l'exposition d'une population moyenne, il faut connaître le temps passé en moyenne par la population dans un environnement donné, auquel on assigne une concentration moyenne pour un polluant donné. Ces évaluations supposent de croiser des mesures effectuées par un certain nombre de capteurs des réseaux avec les indications du budget espace-temps des

populations. Ces méthodes utilisent au maximum les indications données par les réseaux. Or, les capteurs fixes montrent aussi bien que les mesures portables quelle est la variation des niveaux au jour le jour. La fiabilité des capteurs pour refléter la variation temporelle est bonne ; en revanche, seule une connaissance très précise des capteurs et de leur site permet d'esquisser une représentativité spatiale des analyseurs.

c) Evaluation de l'exposition à travers les mesures des réseaux

Les polluants mesurés par les analyseurs des réseaux représentent des indicateurs des niveaux d'exposition de la population de cette zone pour un environnement donné.

L'évaluation de l'exposition des individus peut être liée à une source de pollution atmosphérique locale ou à la pollution urbaine globale. C'est pourquoi les capteurs des réseaux de mesure sont classés en différentes catégories selon leur représentation spatiale.

c1) L'évaluation de l'exposition à la pollution urbaine de fond.

En ville, les réseaux de mesures ont installé des capteurs situés loin de toute source de pollution de proximité (industries, grands axes routiers). Ce sont des stations dites "urbaines de fond".

Les niveaux de pollution mesurés par les stations urbaines de fond sont généralement plus bas que ceux enregistrés par des stations installées à proximité d'une source de pollution. Ces capteurs mesurent des niveaux de pollution faibles mais inhalés par l'ensemble de la population urbaine y compris les individus les plus fragiles ou les plus sensibles. Ces stations, généralement, enregistrent un risque faible mais partagé par un grand nombre d'individus. La

représentativité spatiale de ces stations est étendue. Ces mesures sont des indicateurs de l'exposition globale de la population aux polluants. Elles sont enregistrées par des capteurs servant à calculer l'indice ATMO, qui a pour objectif d'évaluer un niveau global de la qualité de l'air. Ces mesures sont également intégrées dans les études épidémiologiques de séries temporelles telles que l'étude ERPURS*, puisqu'il est impossible d'évaluer l'exposition individuelle pour un échantillon constitué par les 6 millions de franciliens habitant la région parisienne et sa petite couronne.

Or, cette pollution urbaine de fond est difficile à appréhender en ville puisque la vie urbaine génère des pollutions dont il est parfois impossible de s'affranchir lors de l'installation d'une station. Par exemple, un certain nombre de stations situées loin des axes routiers et des usines présentent des signes certains de l'influence du chauffage domestique.

c2) L'influence des sources automobiles

L'étude des niveaux enregistrés pour les oxydes d'azote permet de distinguer des stations de proximité, influencées par le trafic automobile, de celles qui sont plus représentatives d'une pollution de fond. En effet, les véhicules automobiles émettent du monoxyde d'azote (d'ailleurs en quantité de plus en plus faible puisque les pots catalytiques ont pour vocation d'éliminer les oxydes d'azote). Or, dans l'environnement, l'oxyde d'azote se transforme en dioxyde d'azote. On peut donc considérer qu'une station dont les mesures paraissent affranchies du pic de circulation automobile matinal est une station de fond alors que sur les stations dites de proximité automobile, la pointe, ou les pointes de monoxyde d'azote apparaissent bien.

c3) L'influence des sources industrielles

Les émissions industrielles correspondent à des sources ponctuelles, supposées connues. Les conditions de dispersion, liées aux conditions météorologiques et aux conditions d'émission, expliquent largement quels sont les niveaux d'exposition et les territoires exposés à cette source de pollution. En effet, à l'heure actuelle, la pollution industrielle a beaucoup diminué. Le bruit de fond de la pollution des zones industrielles s'est abaissé. Ainsi les moyennes annuelles de SO₂ dans le Dunkerquois ont diminué mais l'influence des panaches industriels n'a pas complètement disparu. L'orientation des panaches des usines dépend de la direction du vent et de la stabilité de l'air.

La prévention de ces influences localisées passe par une politique d'aménagement du territoire afin de limiter la construction des habitations et des lieux de travail (écoles) dans les zones situées sous le vent des panaches. Les effets néfastes d'un panache d'usine peuvent être limités à certaines directions préférentielles de vent, caractérisées par les roses de pollution. Or, la plupart du temps, les analyseurs sont installés sous le vent des secteurs les plus fréquents, qui ne sont pas toujours les secteurs correspondant à de mauvaises conditions de dispersion. L'utilisation simultanée de plusieurs laboratoires mobiles devrait permettre de localiser des zones plus vulnérables. Toutefois, s'il est possible de planifier l'extension des zones habitables dans le futur, il n'est guère envisageable, sauf cas exceptionnel, de transplanter des habitants dans des zones plus saines. Il faut donc alors, pour ces habitants, connaître les types de situations météorologiques

qui occasionnent les risques les plus nets et prendre quelques précautions : éviter de sortir, ne pas faire de sport.

Cet effet de panache n'affecte qu'une partie limitée de la population, ce qui pose le problème de la surveillance de ces quelques personnes et du déclenchement des alertes. En outre, le niveau d'exposition de cette population dépend du temps passé dans la zone et du pouvoir filtrant des bâtiments, puisque les niveaux respirés à l'intérieur des locaux peuvent être largement inférieurs à ceux qui sont mesurés par le réseau.

L'influence de ces panaches représente la principale interrogation, à l'heure actuelle, concernant la prévention de la pollution industrielle. Mais, plus que le risque sanitaire classique, ces panaches avec leur cortège d'odeurs et de poussières, engendrent d'autres types de peurs et de nuisances qui se traduisent souvent par un sentiment de marquage territorial.

La présence d'une grande infrastructure routière peut également générer des effets "panache" de même type.

c4) L'étude des particules comme exemple de la difficulté de l'évaluation de l'exposition des individus

L'impact sanitaire des particules est démontré mais ces polluants posent des problèmes météorologiques. La mesure des particules fut longtemps donnée par un indice de Fumées Noires (FN). Aujourd'hui, ce procédé de mesures par l'indice de Fumées Noires est remplacé par la mesure automatique des P.M.10, et bientôt des P.M.2,5.

Les niveaux moyens de particules dans l'atmosphère ont baissé au cours du temps. Les suies, qui représentaient la pollution industrielle, constituaient la majorité des particules mesurées. La désindustrialisation explique donc en grande partie la baisse des niveaux de particules ; cependant, d'autres particules ont remplacé les suies industrielles, par exemple les particules rejetées par les incinérateurs ménagers et celles liées à la circulation automobile.

La mesure des particules pose deux problèmes :

- Les particules les plus dangereuses sont les plus fines et une mesure en concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ne rend pas compte du nombre réel de ces particules dangereuses. Cependant, connaître la taille des particules ne suffit pas ; encore faudrait-il connaître leur nature puisque certaines d'entre elles peuvent servir de support à un certain nombre d'hydrocarbures toxiques,
- Le nombre de points de mesures reste faible compte tenu de l'importance des particules dans une région qui compte encore beaucoup d'émetteurs industriels et qui fait l'objet d'une circulation automobile de grande ampleur.

c5) Les poussières sédimentables

Elles représentent également une source d'inquiétude pour la région. Elles peuvent être émises directement par les usines mais elles peuvent aussi provenir de réenvois à partir de tas de minerais. Ces grosses particules n'ont sans doute pas le même impact sur la santé que les particules fines ; elles ne font donc pas l'objet d'une norme de surveillance mais elles représentent une nuisance difficile à supporter au quotidien et peuvent ainsi agir sur la santé par le stress qu'elles occasionnent.

c6) L'utilisation des mesures portables pour caractériser les différents micro-environnements

La surveillance de la qualité de l'air a eu surtout deux impératifs : la surveillance des émissions et la surveillance sanitaire des populations. Les stations sont donc installées à proximité des sources d'émission (stations de proximité industrielle ou automobile) ou dans des zones densément peuplées. Actuellement, pour mesurer l'exposition individuelle, on réfléchit à la représentativité spatiale des stations de mesure. Il n'est pas question d'augmenter le nombre de stations mais de mieux les connaître ou d'améliorer la pertinence de leur installation.

- Des campagnes de mesures par tubes passifs.

Ce dispositif permet d'appréhender la répartition spatiale fine de la pollution. Les premières conclusions tendraient à prouver que les variations spatiales de la pollution sont en relation avec les émissions. La qualité de l'air se détériore à proximité des sources d'émission, ce qui souligne l'importance de la constitution de cadastres des émissions avec une précision suffisante pour pouvoir alimenter les modèles de dispersion sur un pas de temps fin et à une échelle spatiale fine. Ultérieurement, la recherche de relations précises entre ces résultats et ceux enregistrés par les analyseurs classiques permettra de mieux caractériser les mesures effectuées sur des postes fixes par rapport à d'autres environnements,

- Des mesures portables permettent également de relier les différents environnements traversés et les valeurs enregistrées aux données des postes fixes dont on peut ainsi mieux connaître la représentativité. Pour l'instant, compte tenu des contraintes météorologiques, seule la mesure du CO peut donner une valeur instantanée.

1.2.1.5 Facteurs de sensibilité individuelle

Qu'il s'agisse de pollution urbaine ou de pollution intérieure, les individus sont inégalement sensibles à l'action nocive des aérocontaminants de l'air, et certaines catégories de la population s'avèrent particulièrement vulnérables :

- les enfants en bas âge, dont les défenses pulmonaires ne sont pas encore pleinement développées, et à l'opposé les personnes âgées, dont les défenses sont amoindries,
- les sujets souffrant de maladies chroniques des voies aériennes supérieures (sinusites chroniques, laryngites, affections chroniques de l'oreille),
- les malades atteints de bronchites chroniques, de la bronchite simple du fumeur à la broncho-pneumopathie chronique obstructive avec insuffisance respiratoire chronique grave : c'est dans ce cas que l'on observe, lors des épisodes de pollution, la survenue de décompensations respiratoires aiguës nécessitant la mise en œuvre de techniques de réanimation, et entraînant parfois le décès,
- les malades atteints d'affections broncho-pulmonaires chroniques comme les mucoviscidoses, les pneumoconiotiques atteints de silicose ou d'asbestose,
- les asthmatiques, véritables "sentinelles" de la pollution atmosphérique, qui sont particulièrement sensibles aux polluants chimiques de l'air pour deux raisons : une hyper réactivité bronchique aux irritants gazeux et particulaires de l'air ambiant, et un abaissement de leur seuil de réponse aux allergènes auxquels ils sont sensibilisés. Il en résulte une fréquence et une gravité accrues des crises d'asthme lorsque la pollution s'élève.

Ces différentes catégories de personnes sensibles sont particulièrement concernées par l'article 1 de la loi sur l'air, reconnaissant à chacun "le droit à respirer un air qui ne nuise pas à sa santé".

1.2.2 Effets de la pollution de l'air sur la santé

Les effets de la pollution de l'air sur la santé se sont imposés lors d'épisodes dramatiques observés dans les années 1930 à 1960, à l'occasion de brouillards tenaces stagnant pendant plusieurs jours au-dessus de grandes villes ou de concentrations industrielles, à une époque où les combustibles fossiles riches en soufre (charbon, fuels) étaient la source principale d'énergie. L'accumulation de polluants acido-particulaires a alors été à l'origine de véritables épidémies d'affections respiratoires graves, entraînant la mort de centaines, voire de milliers de personnes (Londres, hiver 1952), préalablement fragilisées par l'existence d'affections respiratoires ou cardiaques chroniques.

Actuellement, les niveaux de concentration atteints au cours d'épisodes de pollutions sont nettement moins élevés, et les manifestations cliniques à court terme moins dramatiques. Mais leurs conséquences médico-sociales constituent un important problème de santé publique.

1.2.2.1 Les effets à court terme

Ce sont les plus faciles à identifier, du fait d'une relation chronologique étroite entre les données météorologiques fournies par les réseaux de surveillance et l'observation des symptômes dans la population exposée.

a) Au niveau de l'appareil respiratoire

L'appareil respiratoire est l'organe cible principal. Le jour même ou dans les 2 à 3 jours qui suivent l'épisode de pollution, les manifestations pathologiques suivantes augmentent de façon significative :

- au niveau des voies respiratoires supérieures, les angines, les rhino-pharyngites, les laryngites, les sinusites, les otites,
- au niveau de l'appareil respiratoire sous glottique, les trachéites, les bronchites, les infections pulmonaires. Ces manifestations infectieuses, qui demandent parfois la mise en œuvre de traitement antibiotique, s'observent de préférence chez l'enfant et chez les personnes âgées, mais aussi chez les sujets souffrant d'affections chroniques des voies aériennes supérieures, des bronches et des poumons. Lorsqu'elles se développent chez des insuffisants respiratoires chroniques graves ou chez des malades atteints d'affections cardiaques sévères en équilibre instable, elles peuvent déclencher une décompensation respiratoire aiguë et hâter le décès, comme l'a démontré une récente enquête menée dans la région lyonnaise et en Ile de France^[2],
- chez les asthmatiques, les épisodes de pollutions entraînent une augmentation de fréquence et de gravité des crises, qui aggravent les difficultés des malades en traitement continu, les obligeant à élever la posologie des médicaments qu'ils reçoivent habituellement.

b) En dehors de l'appareil respiratoire

L'impact de la pollution de l'air sur la pathologie cardio-vasculaire a été moins étudié. Or, dès l'épi-

sode dramatique de l'hiver 1952 à Londres, on avait pu noter que l'augmentation des hospitalisations et des décès, observée lors de cet épisode de pollution, concernait des affections aussi bien cardio-vasculaires que respiratoires.

D'autre part, plusieurs études^[2,3,4] épidémiologiques récentes ont mis en évidence l'impact de la pollution de l'air aux niveaux actuels sur les variations journalières de la mortalité et des admissions hospitalières pour motifs cardio-vasculaires. Cet impact est sans doute lié à l'aggravation de pathologies cardiaques pré-existantes, en relation avec les effets de la pollution de l'air sur l'appareil respiratoire. Cependant, des études récentes suggèrent également la possibilité d'effets directs de certains polluants sur l'appareil cardio-vasculaire.

D'autres types de symptômes sont également observés :

- une irritation oculaire, avec picotement et larmolement, secondaire à une irritation conjonctivale, observée surtout en période de pollution oxydante,
- des symptômes généraux, avec sensation de malaise et de fatigue, apparition de céphalées, manifestations difficilement évaluables en raison de leur caractère subjectif,
- le cas particulier des intoxications par l'oxyde de carbone doit être mentionné : elles se manifestent par des céphalées et peuvent être à l'origine d'accidents coronariens et de cardiopathies ischémiques chez des sujets prédisposés. Les intoxications massives sont à l'origine de comas qui peuvent entraîner la mort.

1.2.2.2

Les effets à long terme

a) Au niveau de l'appareil respiratoire

La responsabilité d'une exposition habituelle et prolongée à une atmosphère polluée dans le développement de maladies respiratoires dégénératives (bronchite chronique, emphyseme, insuffisance respiratoire chronique) est difficile à situer. Compte tenu de la lenteur d'apparition de ces maladies, l'évaluation qualitative et quantitative du risque environnemental subi n'est pas possible. Il en est de même pour les cancers de l'appareil respiratoire, à l'origine desquels la pollution atmosphérique peut être évoquée, compte tenu de la présence indiscutable de substances à activité mutagène et cancérogène dans l'air ambiant des villes.

De plus, ces affections sont multifactorielles, et on trouve également à leur origine d'autres facteurs dont le poids étiologique est considérable : risques professionnels exposant à des substances irritantes ou cancérogènes reconnues et surtout le tabagisme.

Il y a cependant lieu de penser que la pollution de l'atmosphère extérieure cumule ses effets avec les autres causes d'agression de l'appareil respiratoire, les maladies chroniques et les cancers affectant l'appareil respiratoire apparaissant plus fréquents dans les zones à niveau de pollution élevée, et ceci à risque tabagique comparable. En effet, 3 études de cohorte^[5,6,7] ont montré que les effets à long terme de la pollution atmosphérique étaient plus importants (dans un rapport de 1 à 4) que les effets à court terme estimés dans les études temporelles.

b) En dehors de l'appareil respiratoire

En dehors de l'appareil respiratoire, la responsabilité de certains polluants de l'air est évoquée à l'origine d'affections rénales et neurologiques (solvants et métaux lourds) et de perturbations des défenses immunitaires de l'organisme. Actuellement, les recherches s'orientent vers l'identification de marqueurs biologiques d'exposition ou de marqueurs d'effets spécifiques de substances toxiques soupçonnées d'être à l'origine de ces pathologies, dans l'objectif d'établir une relation épidémiologique indiscutable entre leur survenue et la présence dans l'air de ces substances.

1.2.2.3

Retentissement médico-social de la pollution de l'air

a) Conséquences économiques et sociales

Les conséquences économiques et sociales de la pollution de l'air sont nombreuses : absentéisme au travail et à l'école, dépenses de santé accrues, hospitalisations fréquentes pour les asthmatiques et les insuffisants respiratoires chroniques. Une approche chiffrée de ce problème a été réalisée dans le cadre de la préparation de la Conférence Ministérielle de l'Organisation Mondiale de la Santé sur l'Environnement et la Santé (Londres 16-18 juin 1999). Un projet trilatéral a donc été mené en Autriche, en France et en Suisse en vue d'estimer les coûts pour la santé liés à la pollution particulière dans ces trois pays. Afin de déterminer les coûts pour la santé liés à la pollution automobile, l'exposition de la population aux PM10 a été estimée à partir de l'inventaire de toutes les sources d'émissions de ces particules.

Pour la France, en 1995, selon l'approche par les pertes de bien-être (établie sur la base du prix qu'un individu est prêt à payer pour réduire un risque de mortalité ou éviter un épisode morbide), les coûts pour la mortalité à long terme atteignent 185,3 milliards de francs dont 101,9 milliards attribuables aux transports ; ceux pour la morbidité atteignent 67,8 milliards dont 37,7 milliards attribuables aux transports. Si on considère la méthode d'évaluation par les pertes de ressources économiques, qui ne tient compte que des aspects matériels : perte de consommation, coûts médicaux, coûts relatifs à l'absentéisme..., les coûts pour la mortalité à long terme atteignent 26 milliards de francs dont 14,5 milliards attribuables aux transports, les coûts pour la morbidité atteignent 11,1 milliards dont 6,2 milliards attribuables aux transports.

Cette démarche d'évaluation des effets à long terme sur la santé et leurs conséquences en terme de coûts débute en France et doit encore être améliorée. Des difficultés ont été rencontrées notamment en ce qui concerne l'estimation de l'exposition des populations à la pollution automobile, la quantification des données de morbidité chronique et l'estimation monétaire des coûts sanitaires liés à la pollution atmosphérique.

b) Perturbations de la qualité de vie

Les perturbations de la qualité de vie sont également à prendre en considération. Les pollutions de proximité retentissent davantage sur les conditions d'existence quotidienne que la pollution de fond, comme le démontre la fréquence des appels et des doléances adressées aux organismes chargés de la surveillance de l'environnement. Cela s'explique surtout par la perception directe, visuelle ou olfactive, de la mau-

vaise qualité de l'air à proximité de certaines sources de pollution : axes routiers à fort trafic, voisinage d'installations industrielles, usines d'incinération d'ordures ménagères, décharges, élevages d'animaux. Le caractère habituel répétitif de la gêne ressentie et l'identification précise de son origine, focalisent l'attention et la tendance revendicative compréhensible de ceux qui la subissent.

Il n'est pas toujours facile d'identifier et de déterminer le niveau de concentration des polluants responsables (notamment lorsqu'il s'agit d'odeurs), faute de moyens analytiques appropriés, ni d'évaluer objectivement les effets ressentis. Les doléances concernent habituellement des troubles subjectifs difficiles à classer : sensations de fatigue, maux de tête, troubles digestifs, irritabilité, états dépressifs que certains auteurs regroupent sous le vocable de "maladie environnementale". Il est nécessaire de mieux cerner ce problème, et bien entendu de limiter les nuisances responsables dans toute la mesure du possible.

1.2.3

Nocivité des polluants de l'air et modalités de leur intervention sur la santé

L'identification des polluants dangereux et la connaissance de leurs modalités d'intervention sur la santé présentent un double intérêt :

- éclairer les pouvoirs publics sur ceux dont il importe de limiter prioritairement les émissions dans l'atmosphère,

- établir les niveaux de concentration à retenir comme seuils de référence pour la protection des populations exposées, y compris les plus sensibles.

Quatre types de recherches contribuent à cet objectif : l'expérimentation animale, l'exposition contrôlée de volontaires humains, la recherche fondamentale et les enquêtes épidémiologiques.

1.2.3.1 Recherches expérimentales chez l'animal

Elles ont été les premières utilisées et ont apporté de très utiles précisions sur l'approche toxicologique des principaux polluants de l'air et sur les mécanismes de leurs actions nocives. Elles montrent notamment que l'exposition au SO₂, au NO₂ et à l'ozone diminuent la résistance de l'appareil respiratoire aux infections bactériennes, ce qui est en accord avec l'augmentation de fréquence des infections oto-rhino-laryngologiques et broncho-pulmonaires chez l'homme en période de pollution élevée. Par contre, les résultats de l'expérimentation animale ne sont pas transposables à l'homme, en ce qui concerne la détermination des seuils de référence : les différentes espèces animales présentent en effet une sensibilité variable aux polluants gazeux et particulaires de l'atmosphère, et il est difficile de reproduire les situations qui sont à l'origine de la sensibilité particulière de certains sujets aux aérocontaminants toxiques de l'air.

1.2.3.2 Recherches fondamentales

Des recherches fondamentales sont menées sur cultures cellulaires ou tissulaires d'origine humaine ou animale, mises en présence de poussières atmosphériques ou exposées à des atmosphères contenant des gaz toxiques à des concentrations variées. Les mécanismes d'actions des différents types de polluants particulaires ou gazeux sont analysés avec toutes les ressources actuelles de la biologie cellulaire et moléculaire.

Ces techniques s'avèrent irremplaçables pour préciser l'impact des toxiques de l'air à l'échelon cellulaire, mais ne tiennent pas compte des interactions qui se développent dans l'organisme, ni de ses moyens de protection ou d'adaptation. Elles ne sont, de ce fait, pas utilisables pour la détermination des seuils de référence des différents polluants.

1.2.3.3 Exposition contrôlée de volontaires humains

Les difficultés d'interprétation de l'expérimentation animale ont amené le développement d'une recherche expérimentale chez des volontaires humains soumis à une exposition à divers polluants de l'air, à des concentrations réalistes, c'est à dire proches de celles rencontrées dans l'atmosphère extérieure. Il est ainsi possible d'analyser les réactions cliniques, fonctionnelles et biologiques du sujet exposé, et de comparer le comportement de volontaires sains à celui d'asthmatiques ou de

sujets atteints de bronchite chronique. Ces recherches ont été menées avec les principaux polluants de l'air, SO₂, NO₂, ozone, composés organiques volatils, brouillards acides et plus récemment particules. Des essais d'exposition simultanée ou successive à deux polluants ont également été réalisés, ainsi que des expositions combinées à un polluant toxique et à un allergène, chez l'asthmatique.

Sans entrer dans le détail de ces recherches, il est intéressant d'en retenir les enseignements suivants :

- bien que l'expression clinique de la réaction de l'appareil respiratoire soit sensiblement la même vis à vis des différents polluants, le mécanisme d'actions varie pour chacun d'entre eux,
 - l'asthmatique développe une réaction bronchospastique à une concentration de SO₂ qui est de 5 à 10 fois inférieure à celle qui est nécessaire pour obtenir la même réponse chez un sujet sain,
 - le NO₂ et l'ozone induisent une hyperréactivité de l'arbre bronchique vis à vis des irritants chimiques de l'air, et abaissent significativement le seuil de réactivité des asthmatiques vis à vis de l'allergène auquel ils sont sensibilisés,
 - d'une façon générale, à l'exception de l'ozone, il faut utiliser des concentrations du polluant expérimenté nettement supérieures à celles rencontrées dans l'atmosphère extérieure pour obtenir une réponse significative.
- Cette constatation est en faveur d'interactions et/ou de synergies entre polluants dans l'atmosphère extérieure, dont nous ignorons les modalités.

1.2.3.4 Enquêtes épidémiologiques

Les études épidémiologiques complètent la série des approches scientifiques des effets de la pollution sur la santé. Ces enquêtes permettent l'observation directe des manifestations pathologiques en période de pollution, et leur confrontation avec les données recueillies par les réseaux de surveillance métrologique de l'atmosphère.

Deux types d'études épidémiologiques s'appliquent à l'évaluation des effets à court terme :

- les études de "panels" permettent d'analyser de façon prospective les corrélations temporelles entre les niveaux de pollution et les données sanitaires. Ces données sanitaires sont recueillies dans un échantillon de population suivi pendant plusieurs semaines ou plusieurs mois. Elles prennent en compte les effets respiratoires potentiellement liés à la pollution de l'air : symptomatologie clinique, tests fonctionnels, consommation de médicaments spécifiques,
- les études de type "séries temporelles" analysent les corrélations entre les variations à court terme (d'un jour à l'autre) de données agrégées (données recueillies au niveau d'un groupe de personnes et non de l'individu) d'exposition aux polluants et de données agrégées sur des indicateurs de santé (mortalité, admissions hospitalières, fréquence des appels pour asthme...) tout en tenant compte des variations des facteurs de confusion potentiels (variations temporelles, météorologie, épidémies d'infections virales).

De très nombreuses études de ce type ont été menées depuis près de 20 ans aux États-Unis, en Europe^[2] et en France^[3,4]. Ces recherches montrent

qu'il existe une relation continue entre les niveaux d'exposition et les niveaux de risque, et qu'il n'est pas possible, par cette méthode, d'établir un seuil au-dessous duquel tout effet pathologique disparaîtrait. Tout se passe comme si, aussi faibles que soient les niveaux de pollution observés, il y avait encore dans la population des sujets suffisamment sensibles aux effets des polluants de l'air pur pour que l'observation épidémiologique décelé encore un effet sur la santé de la population. Ceci implique clairement qu'on ne saurait se contenter de gérer les pics de pollution : il faut agir sur la pollution de fond et ses sources d'émissions.

Ces enquêtes montrent par ailleurs qu'il existe une différence entre les niveaux de concentration des principaux polluants (SO₂, NO₂, ozone), pour lesquels un effet significatif sur la santé des populations sensibles (en particulier des asthmatiques) est décelé, et les concentrations nécessaires pour observer une symptomatologie clinique lors d'expositions volontaires de sujets comparables. En effet, les expérimentations étudient l'effet direct et isolé des polluants, alors que les résultats de l'épidémiologie concernent l'effet de polluants qui sont des indicateurs des mélanges complexes présents dans l'air des villes. On conçoit dès lors que la fixation des seuils de référence, particulièrement des valeurs limites et des seuils d'alerte, soit un compromis entre les données expérimentales et les données épidémiologiques.

1.3 Les effets sur l'environnement

1.3.1 Effets locaux des différents polluants sur l'environnement

1.3.1.1 Effets des différents polluants de l'air sur les milieux naturels

a) Effets sur la végétation

Les effets de la pollution atmosphérique sur la végétation sont multiples.

L'ozone agit sur le fonctionnement des stomates⁽¹⁾ par effet de blocage : ils restent fermés et aucun transfert ne peut plus s'organiser au niveau des échanges gazeux avec l'atmosphère ; il y a un risque pour la survie du végétal.

En pénétrant dans les stomates des végétaux, l'ozone forme avec l'eau cellulaire des radicaux hydroxydes qui endommagent les thylakoïdes des chloroplastes⁽²⁾. Les effets peuvent se présenter sous forme de lésions caractéristiques, de ralentissement de la croissance, d'une baisse de productivité des cultures agricoles, du dépérissement de certaines forêts.

L'ozone agit également sur la cuticule⁽³⁾ des plantes, les nervures et les cellules.

Le dioxyde de soufre (SO₂) agit également sur les stomates, mais cette fois en les laissant ouverts et, à nouveau, les échanges gazeux avec l'atmosphère ne peuvent plus s'opérer normalement. Une nouvelle fois, la survie du végétal est menacée.

Les oxydes d'azote détruisent les chloroplastes. Ceci entraîne une diminution du processus de la photosynthèse. Les conséquences en sont une baisse de la production d'oxygène et un accroissement de l'effet de serre.

Les particules, cendres volantes et micro suies perturbent la photosynthèse, se fixent dans les stomates et détruisent les tissus végétaux.

b) Effets sur les milieux aquatiques

Concernant la pollution des milieux aquatiques, ce sont surtout les pluies acides (§ 1.3.2.3.), riches en SO₂ et en NO₂, qui entraînent une acidification de l'eau et une accumulation des métaux lourds susceptibles de provoquer de graves perturbations de la vie aquatique et de la chaîne alimentaire qui en découle (exemples : sensibilité des mollusques au cadmium, celle des poissons et mouettes au mercure - Baie de Minamata au Sud-Ouest du Japon dans les années 50).

(1) Stomates : ouvertures placées sur l'épiderme des végétaux permettant les échanges gazeux avec l'atmosphère nécessaires à la respiration ou à la photosynthèse

(2) Chloroplastes : organe des cellules végétales contenant des pigments récepteurs de l'énergie solaire notamment de la chlorophylle, et siège de la photosynthèse

3 Cuticule : pellicule superficielle des tiges et feuilles

c) Effets sur les sols

La pollution atmosphérique entraîne une pollution des sols principalement par rejets de métaux lourds. Les métaux lourds, peu dégradables et accumulables, se trouvent à l'état de traces soit absorbés par les poussières, soit sous forme gazeuse. Ils contaminent les sols et sont transmissibles dans la chaîne alimentaire. L'ammoniac contribue quant à lui à l'acidification des sols sous l'action des bactéries nitrifiantes.

d) Effets sur la faune

Bien que peu d'études aient été faites concernant les conséquences de la pollution atmosphérique sur le milieu animal, on peut estimer que la toxicité par les voies respiratoires doit être proche de ce que l'on rencontre chez l'homme. Chez les mammifères, la pollution est d'autant plus sensible que l'absorption se fait en fin de chaîne alimentaire (cas des carnivores ou des chauves-souris chez les insectivores).

On constate également certaines anomalies au niveau des élevages tels que des problèmes de fécondité chez les mammifères et des cas de cécité due au plomb.

Les dioxines et furanes sont transmissibles dans la chaîne alimentaire (ex : lait de vache aux abords des usines d'incinération).

e) Le cas des produits phytosanitaires

Les produits phytosanitaires sont des substances naturelles ou de synthèse utilisées en agriculture pour contrôler les différents nuisibles et concurrents des cultures. On distingue les herbicides, les insecticides et les fongicides. Les premiers produits découverts par l'industrie chimique étaient généralement très toxiques et mal utilisés. Aujourd'hui, ces produits ont été retirés de la vente et l'industrie réalise de gros efforts pour procurer aux agriculteurs des produits performants dont le profil écotoxicologique est plus favorable à l'environnement. D'autre part, le matériel de pulvérisation évolue de manière à éviter les pertes de produits.

Mais ces pertes ne peuvent pas être totalement évitées. On retrouve donc des produits phytosanitaires dans les sols, dans l'eau et également dans l'air. En effet, la durée de vie d'un produit phytosanitaire est très variable en fonction de sa nature et des conditions dans lesquelles il se trouve : il faut 60 jours en moyenne pour dégrader la moitié d'une quantité d'atrazine dans le sol, alors qu'il en faut plus de 200 pour l'isoproturon. Par conséquent, les produits de traitement des cultures n'agissent pas uniquement sur la cible qui justifie leur emploi mais également directement ou indirectement sur l'ensemble de l'écosystème. La présence des pesticides dans l'atmosphère est surtout due à la volatilisation de ceux-ci. On distingue trois catégories de transports atmosphériques :

- Local (entre 0 et 50 km), par déposition et sous influence des vents dominants ;
- Sur des distances moyennes (entre 50 et 100 km), par dépôt, resuspension et photochimie et sous influence de mélanges verticaux dans la troposphère ;

- D'une façon globale, par puits océaniques et arctiques par circulation générale. Du fait de la diversité et de la complexité des phénomènes liés à la réaction des pesticides dans l'atmosphère, très peu de données sont, aujourd'hui, disponibles concernant la pollution atmosphérique due aux pesticides.

Le phénomène de volatilisation se produit pendant et après la pulvérisation. Il dépend de nombreux facteurs contrôlant le composé aux interfaces eau - air et sol - air. Ceci dépend du produit étudié, des conditions atmosphériques et du sol. Le taux de volatilisation à partir de sols humides peut être très élevé et atteindre 90 % en trois jours, même pour des composés peu volatils ayant une pression de vapeur inférieure à 10-3 mm de mercure.

On distingue plusieurs catégories d'effets dans la biosphère :

- Il y a des effets toxiques immédiats ou toxicité aiguë induite, par la pénétration dans l'organisme, en une seule fois, d'une quantité de substance susceptible d'entraîner des effets immédiats ou rapprochés.
 - Il y a les effets toxiques à long terme ou toxicité chronique. Ce sont des petites quantités prises de manière prolongée qui peuvent provoquer une accumulation des produits dans certains organes et entraîner le dépassement des seuils de concentration toxique au niveau des récepteurs sensibles ou des chaînes biologiques.
 - Il y a, enfin, les effets toxiques particuliers à chaque molécule. On parle de cancérogenèse chimique. Elle s'applique à l'induction ou à l'augmentation de la formation de lésions néoplasiques (carcinomes, sarcomes...).
- Les preuves du caractère cancérogène d'une substance se trouvent dans les données animales et dans les données humaines.

Il faut noter que certains pesticides, contaminant le milieu naturel, peuvent être incorporés par les êtres vivants. De nombreuses recherches ont montré que les êtres vivants facilitent la dispersion des substances toxiques et qu'ils concentrent ces dernières dans leur organisme. La concentration toxique dans les êtres vivants s'élève à chaque niveau trophique⁽⁴⁾ et c'est dans tous les cas les prédateurs situés à l'extrémité de la chaîne alimentaire qui présentent les taux de contamination les plus élevés.

Enfin, la pollution due aux pesticides entraîne également des ruptures dans les équilibres biologiques liées à la disparition des parasites et prédateurs d'insectes nuisibles aux cultures.

1.3.1.2 Effets des différents polluants sur le patrimoine bâti

Au contact de l'air pollué, les matériaux de construction subissent diverses dégradations dont on évalue encore mal le coût aujourd'hui. Il s'agit principalement de problèmes rencontrés au niveau de la pierre, des ciments, des céramiques, des émaux, des métaux, des vitraux ou du verre. Les études ont surtout été menées sur la pierre, principal matériau du patrimoine bâti public protégé.

Au premier plan de l'action de la pollution atmosphérique, on trouve le couple pierre-dioxyde de soufre (SO₂). En effet, la pollution soufrée se traduit par un phénomène de noircissement des pierres, dû au dépôt et à la concentration des poussières, qui forment une croûte.

On note également l'action directe du dioxyde de soufre sur la pierre calcaire. Le SO₂ provoque, en effet, une réaction chimique avec le calcaire pour donner du gypse (CaSO₄, 2 H₂O).

Derrière une couche mince et dure appelée calcaire, le calcaire se transforme en poudre blanche. Sous l'effet d'un choc ou de l'action climatique, le matériau perd ainsi plusieurs centimètres d'épaisseur et provoque de graves dégâts au niveau du patrimoine bâti.

4) correspond à chaque strate de nourriture d'un individu ou d'un tissu vivant

Le SO₂ absorbé et transformé en acide sulfurique dans l'eau de pluie fait naître le phénomène des pluies acides. Ce résultat amène, lorsque cette pluie entre en contact avec la pierre calcaire, à la transformation de celui-ci en gypse et aux conséquences décrites ci-dessus.

On note également que le SO₂ ternit les métaux, qu'il a un effet corrosif sur le calcaire et qu'il agit sur les céramiques et les émaux.

Les particules, cendres volantes et micro suies provoquent un phénomène de salissures sur le patrimoine bâti.

Les effets des **composés organiques volatils non méthaniques (COVNM)** sur le patrimoine bâti sont essentiellement des dommages sérieux occasionnés au niveau des alliages de plomb et de cuivre. Dangereux pour certains verres, ils le sont également pour certaines céramiques.

Les formaldéhydes sont à l'origine de certains dommages sur certains métaux et sur les verres.

Pour ce qui concerne la pollution photochimique, l'ozone intervient en catalysant l'oxydation de SO₂ en SO₃, première étape menant à la formation d'acide sulfurique et de sulfates, ciment des poussières constituant les croûtes noires couvrant l'ensemble des matériaux situés hors pluie.

Les métaux lourds, peu dégradables et bioaccumulatifs, se trouvent à l'état de traces soit absorbés par les poussières, soit à l'état gazeux. Ils participent à la salissure des monuments.

Les oxydes d'azote (NOx) sont très nocifs pour la pierre.

1.3.1.3 Effets des différents polluants sur l'aménité

Les conséquences des polluants de l'air sur les lieux de repos, de bien-être et de loisirs de la population sont de deux ordres :

Il s'agit tout d'abord de ce qui peut contrevenir au bien-être sanitaire de la population (voir chapitre sur la santé).

La deuxième série de conséquences porte sur tous les aspects désagréables que la population peut rencontrer autour d'elle. Il s'agit de la détérioration des sites naturels ou architecturaux (voir chapitres milieux naturels et patrimoine bâti). Il s'agit également de l'ensemble des nuisances olfactives subies. En effet, une grande part des plaintes liées à la pollution atmosphérique concerne des nuisances olfactives. Bien que souvent associées par la population à des produits toxiques, les odeurs correspondent le plus souvent à une quantité de gaz rarement toxique. Elles restent néanmoins un désagrément qu'il faut pouvoir traiter de façon à ne pas engendrer de sentiment d'insécurité et surtout à améliorer la qualité de la vie.

Les odeurs sont réparties en quatre familles : odeurs de composés soufrés, odeurs de composés azotés, odeurs des aldéhydes et cétones et odeurs des acides organiques. Elles proviennent essentiellement du traitement des eaux, des déchets, de l'agro-alimentaire, des industries chimiques (produits soufrés), des élevages, de l'épandage des lisiers, ...

1.3.2 Effets globaux des différents polluants sur l'environnement

La pollution atmosphérique, génératrice de problèmes pour la santé de l'homme, son milieu de vie et la nature, est également génératrice de problèmes plus globaux au niveau planétaire. Elle peut en effet être à l'origine de dérèglements naturels, sociologiques, voire politiques (déplacements de population, par exemple).

On ne peut, alors, parler de pollution de l'air sans évoquer le phénomène de l'Effet de Serre, l'amenuisement de la couche d'ozone ou les pluies acides. Ces problèmes étudiés à l'échelle internationale trouvent leur origine à l'échelon local.

1.3.2.1 Effet de serre

Comme les vitres d'une serre, certains gaz présents dans l'atmosphère laissent passer le rayonnement arrivant du soleil, mais rabattent vers le sol une partie des rayons infrarouges réfléchis par la surface terrestre. C'est l'effet de serre. Sans lui, la température moyenne du globe serait de - 18°C et non de 15°C comme c'est le cas. L'effet de serre est donc un phénomène naturel indispensable à la vie sur terre.

Cependant, depuis le début de l'ère industrielle, vers 1830, les activités humaines accroissent nettement les quantités de ces gaz, appelés "gaz à effet de serre". Parmi ces gaz on trouve :

- Le gaz carbonique (CO₂), comptant pour environ 70 % des émissions de gaz à effet de serre et dont les transports sont les premiers responsables (35 %),
- Le méthane (CH₄), principalement émis par les déjections animales et les déchets,
- Le protoxyde d'azote (N₂O), dont la principale source est l'agriculture,
- Les hydrofluorocarbures (HFC) et les chlorofluorocarbures (CFC) produits par l'industrie,
- L'ozone troposphérique.

D'autres gaz viennent s'ajouter indirectement en tant que précurseurs de gaz à effet de serre : les composés organiques volatils (COV), le monoxyde de carbone (CO), les oxydes d'azote (NOx).

En l'absence d'action concrète sur les émissions de gaz à effet de serre, une augmentation de la température moyenne du globe et des changements climatiques très graves dont on ne mesure pas aujourd'hui toutes les conséquences pourraient se produire :

- Une redistribution des cartes dans l'agriculture due à l'écourtement des cycles de culture,
- Une redistribution des pathologies entre hiver et été,
- Un risque accru de submersion des deltas, des lagunes et des marais maritimes du fait de l'élévation du niveau de la mer,
- Une redistribution de la flore,
- Une nette diminution de la durée d'enneigement à 1500 m d'altitude.

C'est pourquoi, en 1997, à Kyoto, les pays industrialisés se sont engagés à réduire leurs émissions de gaz à effet de serre. La France a pour objectif de stabiliser d'ici 2010 son niveau d'émission à celui de 1990. Cette stabilisation se traduit en fait par un effort de réduction de 10 à 15 % par rapport à une situation où l'on ne ferait rien, du fait de la croissance du PIB.

1.3.2 Amenagement de la couche d'ozone stratosphérique

A ne pas confondre avec l'ozone troposphérique qui joue un rôle de polluant (smog) au niveau du sol, l'ozone stratosphérique, situé entre 20 et 40 km d'altitude avec une forte concentration autour de 25 km, filtre les rayonnements ultraviolets B trop agressifs pour l'homme et l'environnement.

Faiblement présent dans l'atmosphère (environ une molécule pour deux millions de molécules d'oxygène), l'ozone se trouve dans un milieu chimiquement très sensible qui risque d'être bouleversé par les activités humaines.

Parmi les polluants de la couche d'ozone stratosphérique, il y a les hydrocarbures halogènes dont les chlorofluorocarbures (C.F.C.), le méthane (CH₄), l'oxyde de carbone (CO) et le gaz carbonique (CO₂).

L'amenagement de la couche d'ozone conduit à un affaiblissement de sa fonction de filtre vis à vis du passage des rayons ultraviolets B (UVB). Les UVB sont des rayonnements contenus dans la lumière solaire de courte longueur d'onde située entre 340 et 100 µm.

Les dommages pour la faune semblent être, d'une manière générale, les mêmes que ceux décrits pour l'homme : atteintes de la peau, atteintes des yeux (cataractes), et atteintes du système immunitaire.

Des études tendent à montrer que la croissance de certaines plantes est affectée par les UVB. En effet, la plupart des végétaux terrestres sont encore plus sensibles que les animaux à tout accroissement du flux d'ultraviolets. Les lésions surviennent aux parties aériennes de la végétation à des intensités à peine supérieures au flux maximal que l'on peut mesurer dans les conditions naturelles au niveau du sol (F. RAMADE - 1993). Des questions sont également soulevées quant à la résistance du milieu aquatique (sensibilité du plancton aux UVB).

On sait, par ailleurs, que les UVB participent également aux réactions photochimiques. Ceux-ci contribuent en effet à élever la concentration de l'ozone troposphérique.

Au niveau des matériaux, enfin, on sait que les UVB agissent sur des additifs intégrés dans les matières plastiques.

1.3.2.3 Une pollution secondaire remarquée : "les pluies acides"

Le phénomène des "pluies acides" est observé depuis le début des années 50 dans l'ensemble des régions industrialisées du monde. Il est dû à une transformation en polluant secondaire du dioxyde de soufre (SO₂), des oxydes d'azote (NOx) et des hydrocarbures au cours de leur transport sur de longues distances dans l'atmosphère. Ces polluants secondaires sont des acides (sulfurique, nitrique), qui provoquent des dépôts secs ou des pluies acides néfastes aux feuillages, aux sols, aux eaux de surface et au patrimoine bâti.

Concernant l'acidification de l'eau, ce sont principalement les rivières et les lacs situés sur des terrains cristallins qui subissent une baisse de pH importante lors de l'apport des pluies acides. Cette baisse de pH tombe souvent à des valeurs inférieures à 5. L'acidification de l'eau entraîne une raréfaction considérable du plancton, puis des macro invertébrés et des poissons. La situation est catastrophique dans de très nombreuses régions du Nord de l'Europe, du Canada et au Nord-Est des Etats Unis.

Les effets des pluies acides sur le patrimoine bâti ont été décrits au paragraphe 1.3.1.2.

1.4 Les enjeux de l'information

La gestion de la qualité de l'air représente un enjeu de développement dans les années à venir. Comme tous les thèmes liés à l'environnement, la qualité de l'air urbain ne se décide pas par décret, elle ne peut s'améliorer qu'avec une contribution forte des habitants :

- Les études épidémiologiques récentes ont confirmé le lien entre la pollution atmosphérique et le risque sanitaire. Or, les individus investissent fortement dans leur santé dont ils doivent se sentir responsables. Toutes les démarches de promotion de la santé insistent sur la nécessaire prise en charge individuelle de la gestion de la santé. Cette démarche suppose une certaine clarté sur la connaissance des risques encourus et une certaine lucidité quant à la sensibilité individuelle par rapport au risque sanitaire. Dans le domaine de la qualité de l'air, la démarche de prévention n'est pas la même pour un asthmatique, un insuffisant respiratoire ou un bébé. La prévention du risque passe nécessairement par une connaissance éclairée des niveaux de pollution et des risques éventuels. La demande sociale s'exerce donc à la fois sur la connaissance des pollutions mesurées dans l'environnement par les réseaux et sur la connaissance des impacts connus.
- Les habitants ne sont plus seulement victimes d'une pollution essentiellement industrielle mais

ils sont également des acteurs de la qualité de l'air. En effet, chaque automobiliste et chaque fumeur sont des pollueurs. La prévention, comme toujours dans le domaine de la santé publique, se situe donc à l'interface entre la sphère publique et la sphère privée. Seule une information éclairée peut guider des changements de comportement qui ne peuvent s'effectuer que sur un laps de temps long. En outre, les choix individuels effectués quant à la salubrité du logement affectent également les risques sanitaires encourus tout en s'appuyant sur le traitement social de la politique du logement.

- Une information éclairée et la plus complète possible est nécessaire pour prévenir les risques mais elle s'impose également en temps de crise puisque, comme l'ont montré les affaires récentes, la seule expertise reconnue par les décideurs est celle de l'opinion publique. Les décisions publiques prises au sujet de la vache folle, du sang contaminé ou de la fermeture des incinérateurs d'ordures ménagères ont largement été prises sous la pression de l'opinion publique. C'est dans cette perspective que se mettent en place, sur des questions d'environnement et de santé, des conférences citoyennes à l'image de celles qui ont eu lieu sur les organismes génétiquement modifiés ou sur le risque acceptable (Etats généraux de la santé).

L'information et la formation s'intègrent résolument dans le champ de la prévention puisque l'amélioration de la qualité de l'air urbain passe nécessairement par des changements de comportement des citoyens et par une prise en compte plus responsable du risque sanitaire individuel. L'organisation de la prévention suppose donc la participation des habitants à la politique menée sur la qualité de l'air ; elle pose également la question du rôle des "intermédiaires" et des relais que sont les associations et les élus locaux. Le faible investissement d'un grand nombre d'élus locaux dans le domaine de la pollution atmosphérique, en dépit du rôle incontournable qu'ils peuvent jouer au sein des réseaux ou sur les questions d'aménagement, souligne l'enjeu que représente le déploiement d'une vaste politique de communication pour tous les acteurs de la qualité de l'air.

La diffusion de l'information doit être la plus large possible, soit en profitant des événements de l'actualité, les médias sont alors des relais, soit en créant des événements qui dépendent des structures intermédiaires que sont les associations ou les collectivités territoriales.

Outre la diffusion de l'information "scientifique" sur la pollution atmosphérique, une véritable politique de prévention doit être mise en œuvre. Cette politique a un objectif sanitaire, elle doit donc s'appuyer sur les réflexions éthiques de la prévention sanitaire qui oscille toujours entre la peur et la responsabilité, les enjeux collectifs et la responsabilité individuelle

Etat des lieux et perspectives dans la région Nord - Pas-de-Calais

1.1 - Les émissions atmosphériques

2.1.1 - Résultats globaux

2.1.2 - L'industrie

2.1.2.1 - Dioxyde de soufre

2.1.2.2 - Oxydes d'azote

2.1.2.3 - Poussières

2.1.2.4 - Composés Organiques Volatils

2.1.2.5 - Acide chlorhydrique

2.1.2.6 - Métaux lourds

2.1.2.7 - Les dioxines

2.1.3 - L'agriculture

2.1.4 - Tertiaire et habitat

2.2.4.1 - Les énergies primaires

2.2.4.2 - Perspectives à échéance 2020

2.1.5 - Les transports

2.1.5.1 - Etats des lieux

2.1.5.2 - Evolution prévisible des émissions

2.2 - La qualité de l'air

2.2.1 - Qualité de l'air extérieur

2.2.1.1 - Présentation des réseaux automatiques de surveillance de la qualité de l'air

2.2.1.2 - Bilan de la qualité de l'air

2.2.1.3 - Zones d'alerte et de Protection Spéciale

2.2.1.4 - La gestion des alertes

2.2.1.5 - La bioindication dans la région Nord - Pas-de-Calais : savoir-faire et analyses territoriales

2.2.1.6 - Les pollens

2.2.1.7 - Les autres facteurs influençant la qualité de l'air dans la région Nord - Pas-de-Calais

2.2.2 - La pollution à l'intérieur des locaux

2.3 - Conséquences sanitaires de la pollution de l'air

2.3.1 - Les populations sensibles dans le Nord - Pas-de-Calais

2.3.1.1 - Caractéristiques démographiques

2.3.1.2 - Affections sensibilisant à la pollution de l'air

2.3.2 - Évaluation des effets de la pollution de l'air sur la santé

2.3.2.1 - Pollution extérieure

2.3.2.2 - Pollutions de proximité

2.3.2.3 - Pollution intérieure des locaux

2.4 - Effets sur l'environnement

2.4.1 - Les zones naturelles sensibles à la pollution de l'air dans le Nord - Pas-de-Calais

2.4.2 - La sensibilité de la faune à la pollution de l'air dans le Nord - Pas-de-Calais

2.4 - Relevé des principaux organismes qui contribuent dans la région à la connaissance de la qualité de l'air et de son impact sur l'homme et l'environnement

II.1 Les émissions

atmosphériques

A la demande du Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, le CITEPA (Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique) a réalisé dans chaque région un inventaire des émissions atmosphériques. Cet inventaire, établi en octobre 1997 sur la base des émissions de l'année 1994, prend en compte les différentes catégories d'émetteurs suivantes :

- extraction et transformation d'énergie,
- résidentiel / tertiaire / commercial / institutionnel,
- industrie et traitement des déchets,
- agriculture et sylviculture,
- transports routiers
- transports non routiers
- autres secteurs, nature comprise.

Les polluants inventoriés sont exprimés de la façon suivante :

- oxydes de soufre ($SO_2 + SO_3$) exprimés en SO_2 ,
- monoxyde et dioxyde d'azote ($NO + NO_2$) exprimés en NO_x équivalent NO_2 ,

- composés organiques volatils non méthaniques (COVNM) exprimés en COVNM totaux bruts, sans équivalence entre les composés,

- monoxyde de carbone exprimé en CO,
- ammoniac exprimé en NH_3 .

Les poussières n'ont pas été retenues pour cet inventaire compte tenu de l'ensemble des difficultés associées non encore résolues et notamment la délicate question de la fraction granulométrique à retenir.

Le dioxyde de carbone (CO_2), bien que n'étant pas une substance dont l'impact se mesure à l'échelon local ou régional, a été intégré à l'inventaire, notamment en tant qu'indicateur de consommation d'énergie fossile.

Les éléments présentés dans les paragraphes suivants résultent de l'exploitation de cet inventaire, ainsi que des déclarations effectuées par les établissements industriels assujettis à la Taxe Parafiscale sur la Pollution Atmosphérique (intégrée depuis 1999 dans la Taxe Générale sur les Activités Polluantes).

2.1.1 Résultats globaux

L'inventaire réalisé par le CITEPA permet de dresser le bilan global suivant pour la région Nord - Pas-de-Calais, toutes sources d'émissions confondues :

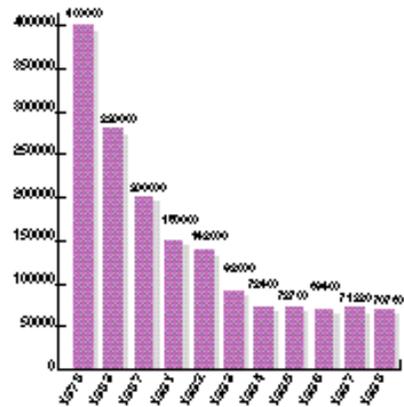
- Dioxyde de soufre (SO_2) : 91 000 tonnes/an,
- Oxydes d'azote (NO_x) : 109 000 tonnes/an,
- Composés Organiques Volatils non méthaniques (COVNM) : 141 000 tonnes/an,
- Monoxyde de carbone (CO) : 918 000 tonnes/an,
- Ammoniac (NH_3) : 29 000 tonnes/an,
- Dioxyde de carbone (CO_2) : 39 000 000 tonnes/an.

La région Nord - Pas-de-Calais représente, par rapport à l'ensemble des émissions nationales :

- 8 % des émissions de SO_2 ,
- 6 % des émissions de NO_x ,
- 5 % des émissions de COVNM
- 9 % des émissions de CO,
- 4 % des émissions de NH_3 ,
- 9 % des émissions de CO_2 .

Les unités territoriales les plus fortes émettrices pour l'ensemble des polluants, excepté l'ammoniac, sont les unités urbaines de Dunkerque et de Lille avec respectivement 34 % et 7 % des émissions régionales de SO_2 , 15 % et 13 % des émissions régionales de NO_x , 8 % et 16 % des émissions régionales de COVNM, 49 % et 10 % des émissions régionales de CO, 34 % et 11 % des émissions régionales de CO_2 . L'unité urbaine de Lens émet quant à elle 11 % des émissions régionales de SO_2 .

Emissions de SO₂ dans l'industrie du Nord - Pas-de-Calais en t/an



Concernant l'ammoniac (NH₃), les unités territoriales les plus fortes émettrices sont les unités urbaines d'Arras (18 % des émissions régionales), de Dunkerque (14 %), d'Avesnes-sur-Helpe (12 %) et de Lens (9 %).

2.1.2 L'industrie

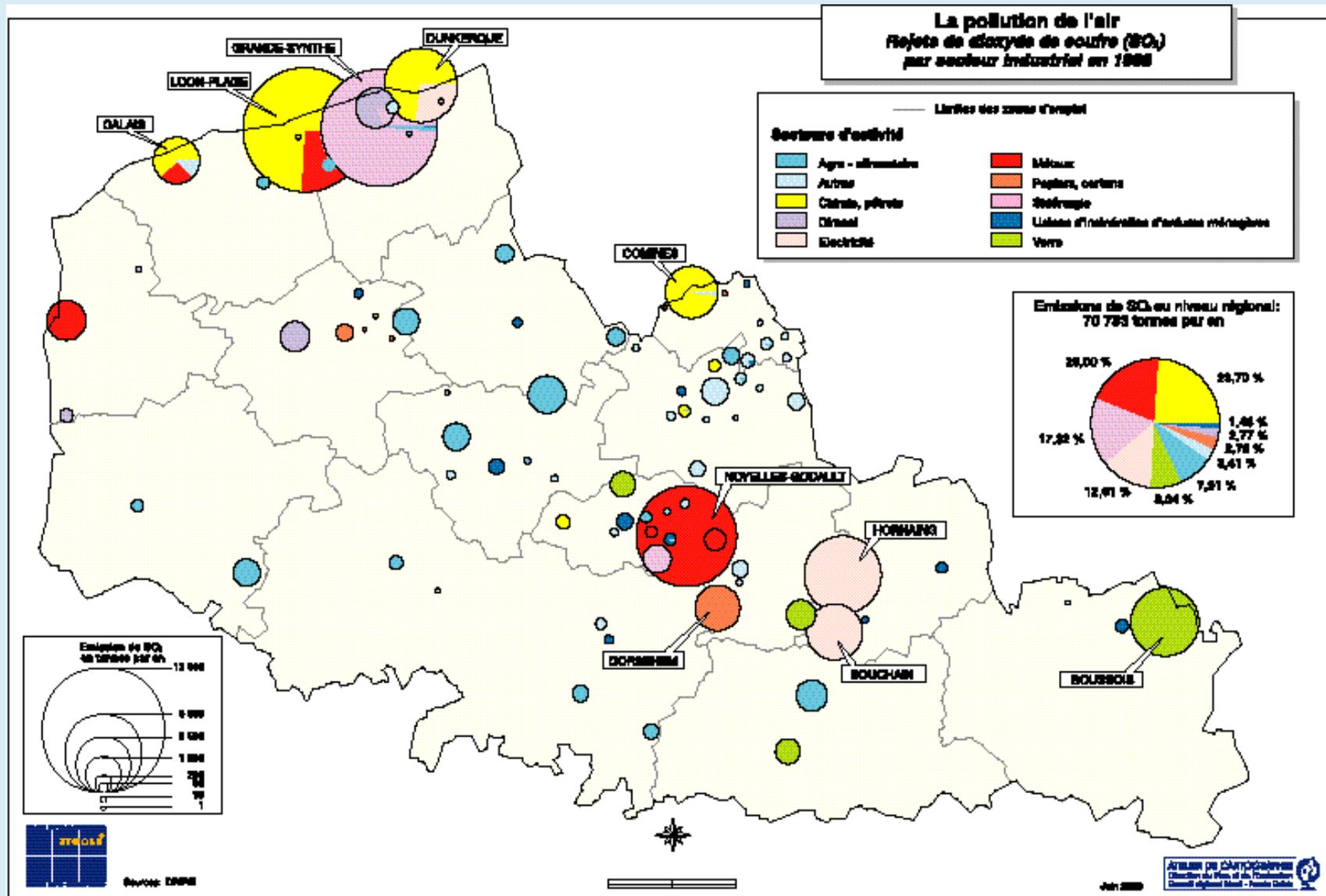
2.1.2.1 - Dioxyde de Soufre

Le secteur industriel est le principal émetteur de SO₂. Il représente en effet environ 80 % des émissions régionales, avec des rejets estimés à 70 760 t en 1998. Ces mêmes rejets étaient estimés en 1978-1979 à 400 000 tonnes par an. La diminution importante enregistrée depuis lors (- 82 %) s'explique par le développement de la maîtrise de l'énergie, l'utilisation de combustibles moins soufrés, l'emploi de procédés d'épuration, l'évolution de certains secteurs industriels (notamment la fermeture des centrales thermiques), et l'incitation liée à la mise en place d'une taxe parafiscale sur la pollution atmosphérique depuis 1985 (intégrée à la Taxe Générale sur les Activités Polluantes depuis 1999), qui permet d'aider les programmes de dépollution.

La carte de la page suivante présente la répartition des principaux rejets industriels de SO₂ en 1998 par localisation géographique et par secteur d'activité. Il en ressort que les secteurs industriels les plus gros émetteurs sont la sidérurgie, la transformation des métaux non ferreux et l'industrie chimique et pétrolière.

Le tableau ci-après récapitule les plus gros rejets industriels régionaux de SO₂ en 1998 (> 500 t/an) :

SOCIETES	LOCALITES	Rejet 98 de SO ₂ en tonnes	Evolution de 97 à 98	Part dans les Emissions Régionales
Site SOLLAC	Dunkerque	10 965	- 3,0%	12,1%
METALEUROP NORD	Noyelles-Godault	8 583	- 12,3%	9,5%
TOTAL RAFFINAGE DISTRIBUTION	Loon Plage	8 040	+ 3,5%	8,9%
SETNE (CENTRALE ELECTRIQUE D'HORNAING)	Hornaing	5 053	+ 48,3%	5,6%
GLAVERBEL FRANCE	Bousois	3 922	- 7,7%	4,3%
BP ET ELF RAFFINERIE DE DUNKERQUE	Dunkerque	3 382	- 3,8%	3,7%
ALUMINIUM DUNKERQUE	Loon Plage	3 324	+ 28,5%	3,7%
EDF	Bouchain	2 627	+ 126,7%	2,9%
HOLLIDAY PIGMENTS INTERNATIONAL	Comines	2 247	- 7,6%	2,5%
STORA FELDMUEHLE CORBEHEM	Corbehem	1 726	- 6,5%	1,9%
COPENOR GIE	Loon Plage	1 632	+ 64,0%	1,8%
SFPO	Boulogne sur Mer	1 319	+ 135,1%	1,5%
EDF	Dunkerque	1 243	+ 71,9%	1,4%
ROQUETTE	Lestrem	1 177	+ 0,2%	1,3%
LAFARGE ALUMINATES	Loon Plage	1 076	- 34,5%	1,2%
TIOXIDE EUROPE SA	Calais	767	- 21,8%	0,8%
CIMENTS D'ORIGNY	Lumbres	735	- 35,2%	0,8%
SAINT GOBAIN VITRAGE	Emerchicourt	726	- 34,7%	0,8%
COKES DE DROCOURT SA	Drocourt	673	+ 39,6%	0,7%
BEGHIN SAY	Escaudoeuvres	666	+ 3,7%	0,7%
SUCRERIES DISTILLERIES HAUTS DE FRANCE	Lillers	613	- 12,8%	0,7%
BONDUELLE	Renescure	583	- 5,5%	0,6%
NESTLE FRANCE	Marconnelle	574	+ 1,5%	0,6%
VERRERIES SOUCHON NEUVESEL	Wingles	522	- 12,7%	0,6%
VERRERIES DE MASNIERES	Masnieres	520	- 18,9%	0,6%
TOTAL		62 695	+ 3,4%	69,1%

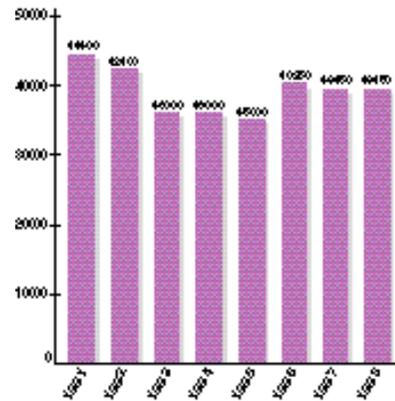


Les émissions atmosphériques

2.1.2.2 - Oxydes d'azote

Le secteur industriel représente 36 % des émissions d'oxydes d'azote, avec des rejets estimés à 39 450 tonnes par an.

La réduction de ces émissions est moins nette que celle des émissions de SO₂, même si la période d'observation est moins importante.



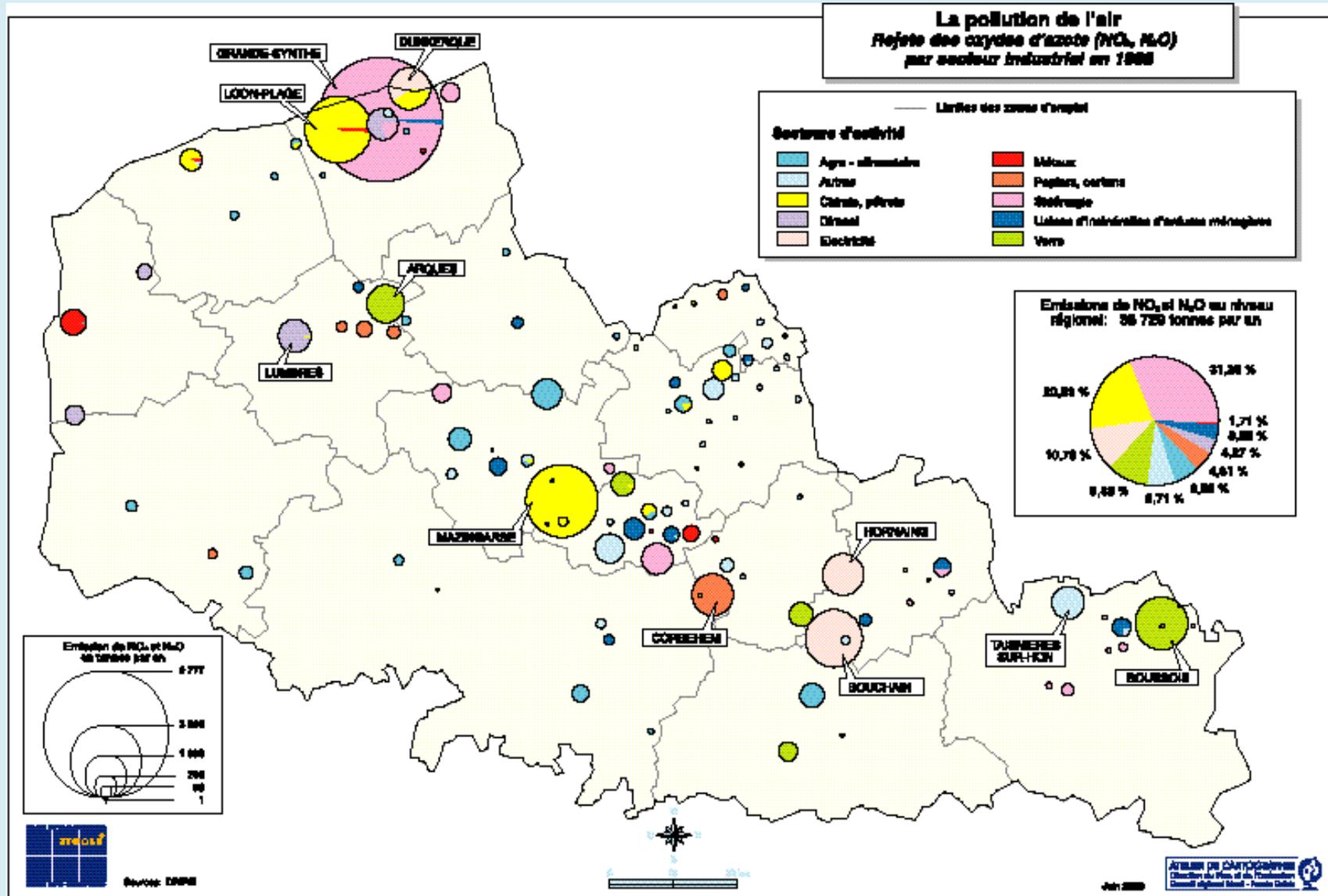
Les secteurs les plus gros émetteurs sont la sidérurgie (notamment le site SOLLAC à Grande-Synthe) et l'industrie chimique et pétrolière.

La carte de la page suivante présente la répartition des principaux rejets industriels de NO_x en 1998 par localisation géographique et par secteur d'activité.

Le tableau ci-après récapitule

les plus gros rejets industriels régionaux de NO_x en 1998 (> 500 t/an)

SOCIETES	LOCALITES	Rejet 98 de NO _x en tonnes	Evolution de 97 à 98	Part dans les Emissions Régionales
Site SOLLAC	Dunkerque	9 325	+ 3,1%	8,6%
GRANDE PAROISSE	Mazingarbe	3 336	+ 8,9%	3,1%
EDF	Bouchain	2 080	+ 72,9%	1,9%
TOTAL RAFFINAGE DISTRIBUTION	Loon Plage	2 078	+ 1,5%	1,9%
GLAVERBEL	FranceBoussois	1 759	+ 1,2%	1,6%
STORA FELDMUEHLE CORBEHEM	Corbehem1	096	- 5,8%	1,0%
SETNE (CENTRALE ELECTRIQUE D'HORNAING)	Hornaing	1 081	+ 39,3%	1,0%
VERRERIE CRISTALLERIE D'ARQUES	Arques	893	+ 1,9%	0,8%
COPENOR GIE	Loon Plage	693-	6,7%	0,6%
GDF	Taisnières sur Hon	667	+ 9,2%	0,6%
EDF	Dunkerque	663	-36,8%	0,6%
CIMENTS D'ORIGNY	Lumbres	656	- 0,9%	0,6%
COKES DE DROCOURT SA	Drocourt	608	+ 7,8%	0,6%
ROQUETTE	Lestrem	561	+ 0,6%	0,5%
METHAMINE	Avion	544	- 1,4%	0,5%
TOTAL		26 040	+ 5,7%	24,0%



2.1.2.3 - Poussières

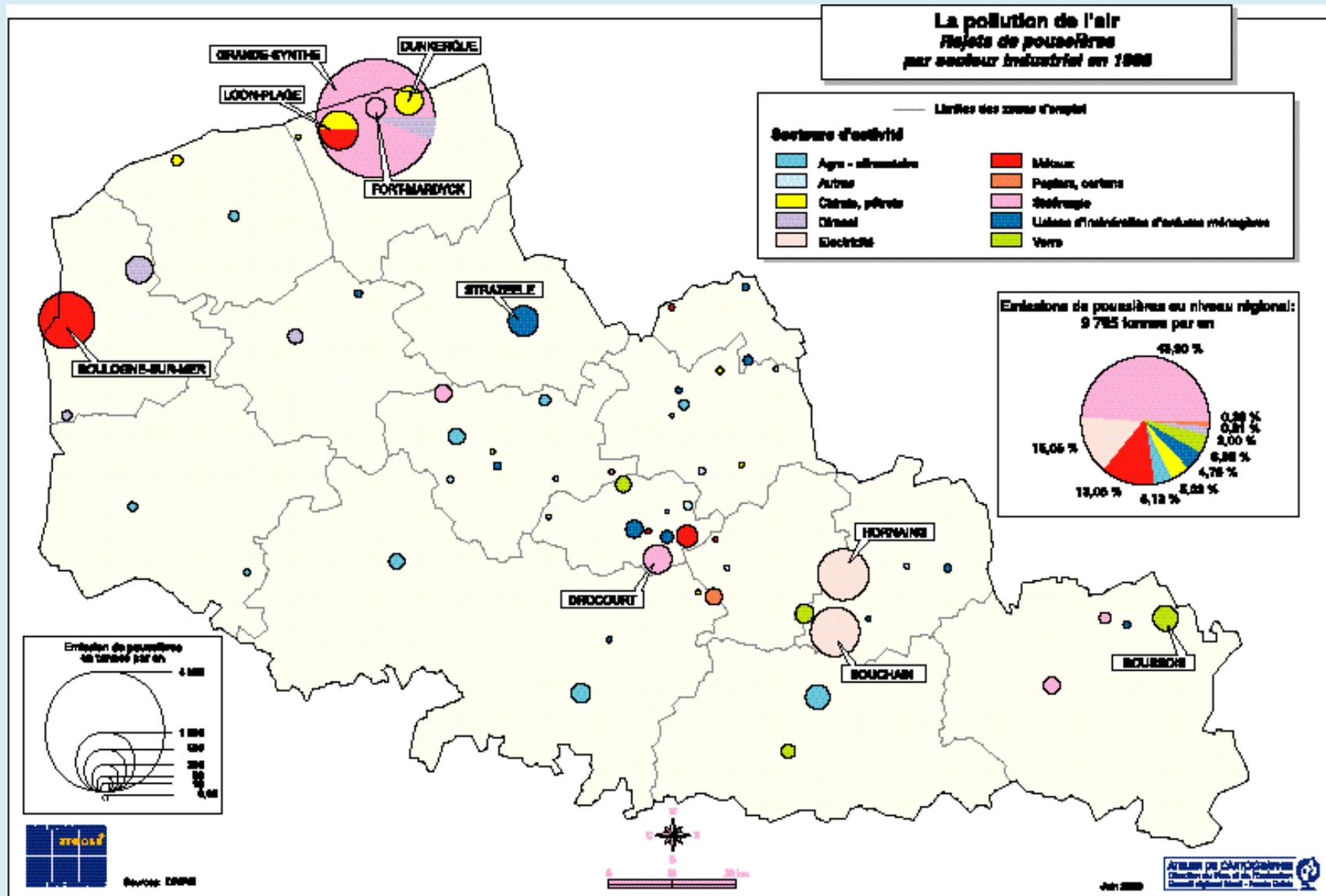
Les émissions globales de poussières dans la région Nord - Pas-de-Calais sont estimées à 28 000 tonnes par an, dont 11 500 tonnes identifiées en provenance de cheminées d'usines. Il convient d'y ajouter diverses émissions, notamment des parcs de stockage de matière pulvérulentes ou encore des exploitations de carrières ou de terrils. L'importance des émissions diffuses, difficilement quantifiables, est à souligner pour ce polluant.

Le secteur de la sidérurgie est l'émetteur prépondérant (notamment le site SOLLAC à Grande-Synthe), compte tenu en particulier de l'importance des rejets de poussières sédimentables.

La carte de la page suivante présente la répartition des principaux rejets industriels de poussières en 1998 par localisation géographique et par secteur d'activité.

Le tableau ci-après récapitule les plus gros rejets industriels régionaux de poussières en 1998 (> 100 t/an)

SOCIETES	LOCALITES	Rejet 98 de poussières en tonnes	Evolution de 97 à 98
Site SOLLAC	Dunkerque	4 220	- 5,9%
SFPO	Boulogne sur Mer	920	+ 0,0%
SETNE (CENTRALE ELECTRIQUE D'HORNAING)	Hornaing	762	+ 18,7%
EDF	Bouchain	708	+ 50,6%
UIOM DE STRAZEELE	Strazeele	264	+ 83,3%
COKES DE DROCOURT SA	Drocourt	230	- 0,4%
BP ET ELF	Dunkerque	228	+ 0,4%
ALUMINIUM DUNKEROUE	Loon Plage	218	+ 10,1%
CHAUX ET DOLOMIES DU BOULONNAIS	Réty	210	+ 95,7%
TOTAL RAFFINAGE DISTRIBUTION	Loon Plage	200	- 16,0%
GLAVERBEL FRANCE	Boussois	176	- 5,4%
SODECA	Escaudoeuvres	154	+ 6,4%
UIOM DE PETITE SYNTHE	Petite Synthe	151	- 52,4%
METALEUROP NORD	Noyelles-Godault	128	+ 12,3%
SOLLAC	Mardyck	104	- 81,9%
SICA FAP	Boiry Ste Rictude	103	- 9,1%
TOTAL		8 776	- 3,7%



2.1.2.4 - Composés Organiques Volatils

Les rejets de Composés Organiques Volatils d'origine industrielle sont estimés au niveau régional à 39 450 t/an, soit 37 % des émissions totales.

Ces rejets sont principalement liés aux établissements mettant en œuvre des solvants (industrie automobile, imprimeries) et à l'industrie chimique et pétrolière.

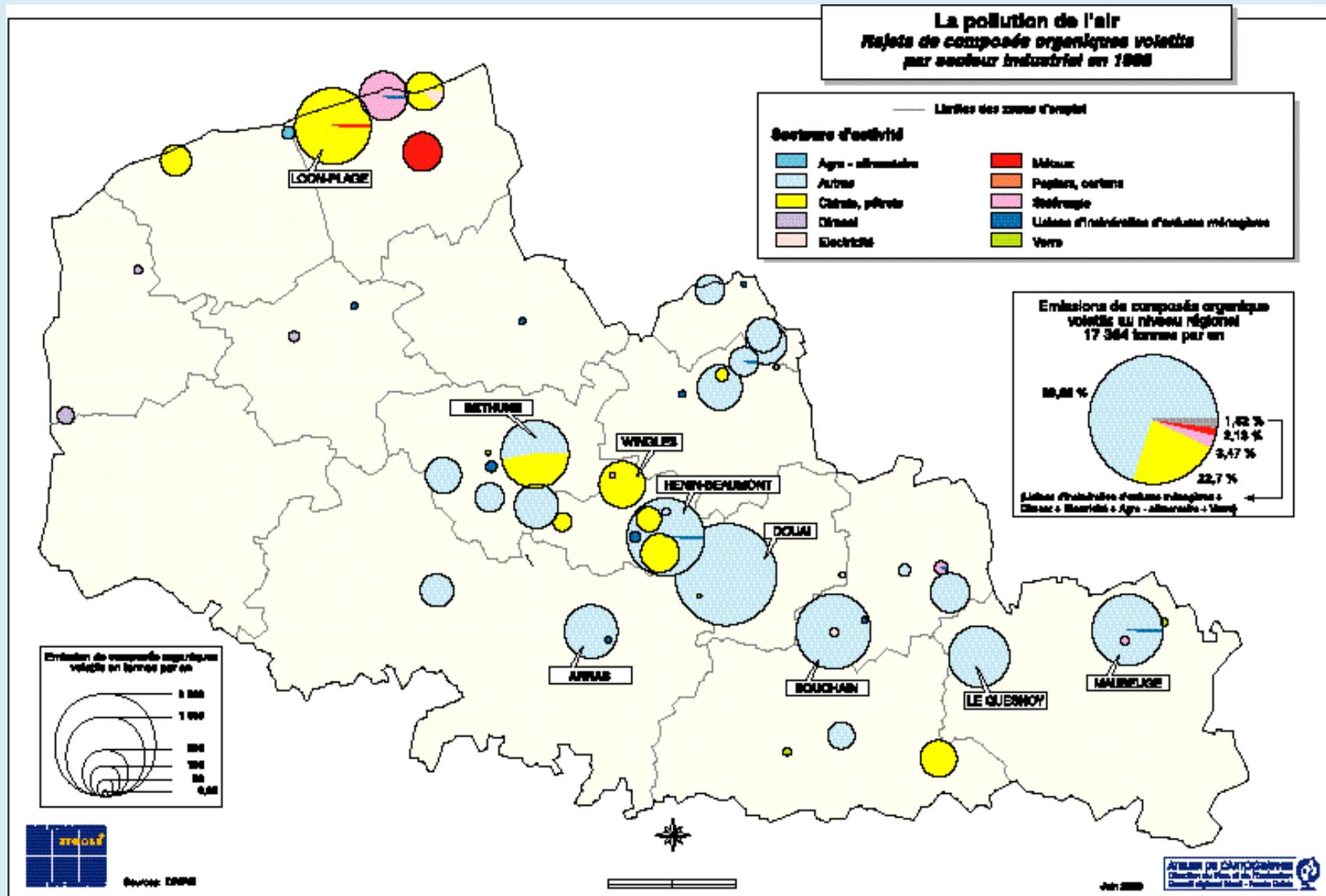
L'importance des émissions diffuses de ces polluants est souvent source de difficultés pour la mise en œuvre de moyens de traitement efficaces dans les établissements concernés.

La carte de la page suivante présente la répartition des principaux rejets industriels de COV en 1998 par localisation géographique et par secteur d'activité.

Le tableau ci-après récapitule

les plus gros rejets industriels régionaux de COV en 1998 (> 150 t/an)

SOCIETES	LOCALITES	Rejet 98 de COV en tonnes	Evolution de 97 à 98	Part dans les Emissions industrielles régionales
RENAULT	Douai	2 520	- 5,9%	4,8%
SEVELNORD	Hordain	1 358	-12,1%	2,6%
MAUBEUGE CONSTRUCTION AUTOMOBILE	Maubeuge	1 214	+ 62,1%	2,3%
TOTAL RAFFINAGE DISTRIBUTION	Loon Plage	1 123	+ 4,2%	2,2%
SUBLISTATIC INTERNATIONAL	Hénin-Beaumont	1 050	- 8,7%	2,0%
COFRADEC SA	Le Quesnoy	906	- 2,8%	1,7%
SOPLARIL SA	Arras	692	-16,8%	1,3%
FIRESTONE	Béthune	593	+ 11,9%	1,1%
Site SOLLAC	Dunkerque	552	+ 33,3%	1,1%
SCHENECTADY EUROPE SA	Béthune	530	+ 3,1%	1,0%
BP CHEMICALS	Wingles	520	-37,6%	1,0%
PEGUFORM	Noeux-les-Mines	471	+ 84,7%	0,9%
HELIOGRAVURE DIDIER QUEBECOR	Hellemmes	461	+ 3,4%	0,9%
PENNEL ET FLIPO	Roubaix	407	- 2,2%	0,8%
ECIA	Hénin-Beaumont	398	+ 41,1%	0,8%
PPG INDUSTRIES FRANCE	Saultain	373	+ 6,0%	0,7%
CONTINENTAL CAN FRANCE	Bierne	364	+ 8,4%	0,7%
CRAY VALLEY	Drocourt	358	+ 1,6%	0,7%
SASA	Le Cateau	322	-12,5%	0,6%
AUCHELAIN	Auchel	306	-55,5%	0,6%
LAWSON MARDON TRENTESAUX SA	Tourcoing	282	-83,7%	0,5%
COPENOR GIE	Loon Plage	279	- 6,7%	0,5%
VITROCELLE NOUVELLE	Averdoingt	261	+ 70,6%	0,5%
INTEROR - INTER II	Calais	224	-39,3%	0,4%
CPA DEPOT UNICAN	Dunkerque	215	+ 9,1%	0,4%
WIPAK GRYSPEERT	Bousbecque	205	-64,5%	0,4%
PLASTIC OMNIUM	Bruay Labuissière	201	- 5,1%	0,4%
ONDUCLAIR	Wasquehal	200	n.d.	0,4%
ROLAND EMBALLAGES	Cattenières	172	-65,4%	0,3%
TOTAL		16 557	-11,9%	31,7%



2.1.2.5 - Acide Chlorhydrique

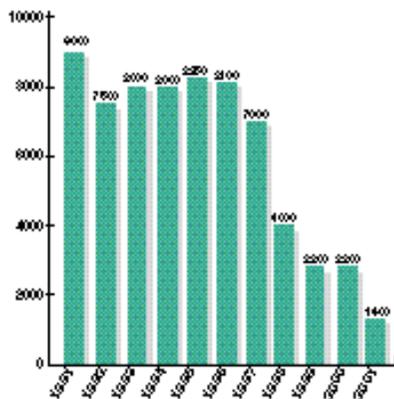
Les rejets régionaux d'acide chlorhydrique d'origine industrielle sont estimés en 1998 à 4 000 tonnes par an. Les deux activités principalement concernées sont l'incinération d'ordures ménagères (3 300 t/an) et la combustion de certains charbons (700 t/an).

L'évolution de ces rejets a connu une chute importante en 1997 et 1998, compte tenu d'une part de la mise en conformité de certaines usines d'incinération d'ordures ménagères aux nouvelles dispositions réglementaires applicables, et d'autre part de la mise à l'arrêt de certaines autres en 1998, liée aux émissions estimées de dioxines et furanes.

Compte tenu de la poursuite de la mise en conformité de ces installations au cours des prochaines années, les rejets d'acide chlorhydrique devraient encore connaître une réduction, pour atteindre environ 1 300 t/an à partir de 2001, soit une diminution de 85 % sur 10 ans.

La carte de la page suivante présente la répartition des principaux rejets industriels d'acide chlorhydrique en 1998 par localisation géographique et par secteur d'activité.

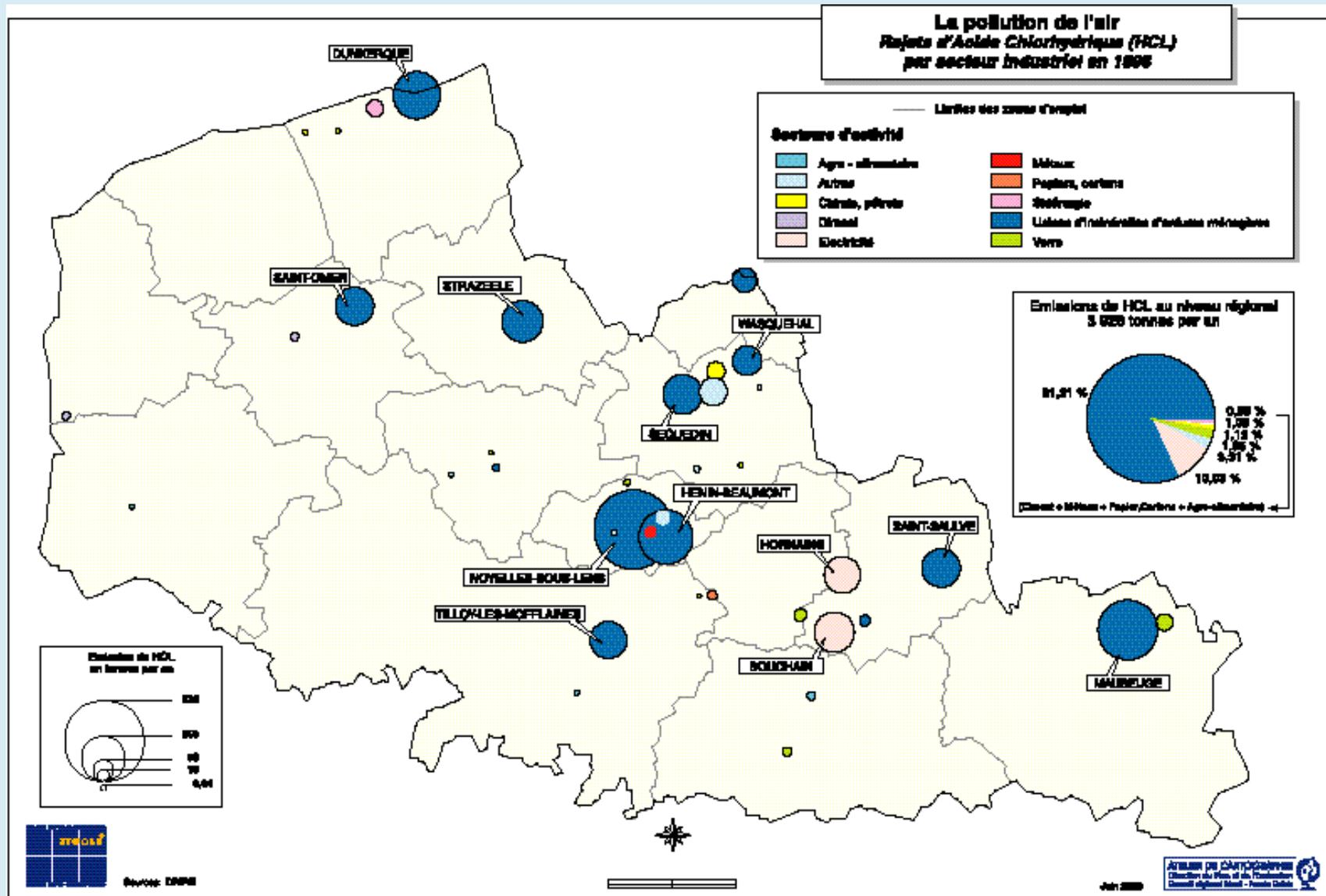
Evolution constatée et à venir des rejets d'acide chlorhydrique en t/an



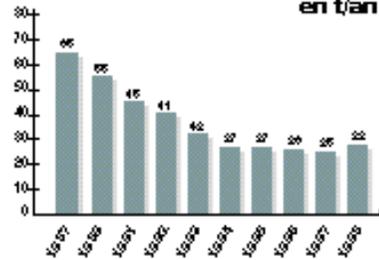
Le tableau ci-après récapitule

les plus gros rejets industriels régionaux d'acide chlorhydrique en 1998 (> 100 t/an)

SOCIETES	LOCALITES	Rejet 98 d'HCl en tonnes	Evolution de 97 à 98	Part dans les Emissions Régionales
VALNOR UIOM DE NOYELLES	Noyelles-sous-Lens	839	- 2,6%	21,0%
VALNOR UIOM DE MAUBEUGE	Maubeuge	481	+ 2,4%	12,0%
VALNOR UIOM DE HENIN	Hénin-Beaumont	393	- 42,0%	9,8%
CUD UIOM	Petite Synthe	287	- 52,2%	7,2%
SICTOM REGION DES FLANDRES	Strazeele	227	- 0,4%	5,7%
EDF	Bouchain	217	+ 442,5%	5,4%
VALNOR UIOM DE SEQUEDIN	Sequedin	208	- 83,1%	5,2%
CIDEME UIOM	Saint-Saulve	197	+ 160,0%	4,9%
DISTRICT DE LA REGION DE SAINT-OMER	Longuenesse	196	- 2,3%	4,9%
VALNOR UIOM DE TILLOY	Tilloy-les-Mofflaines	179	- 2,6%	4,5%
SETNE (Centrale électrique d'Hornaing)	Hornaing	177	+ 92,4%	4,4%
VALNOR UIOM DE WASQUEHAL	Wasquehal	115	- 89,8%	2,9%
DALKIA CHAUFFERIE DU MONT DE TERRE	Lille	101	- 4,1%	2,5%
TOTAL		3 618	- 38,6%	90,4%



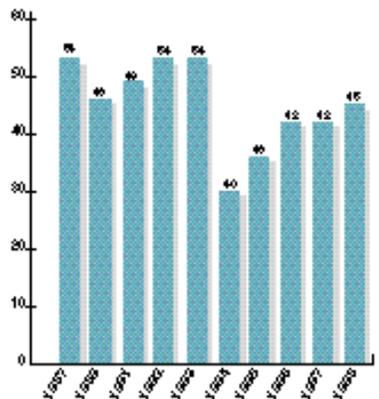
Evolution des rejets de plomb en t/an



2.1.2.6 - Métaux lourds

Les émissions de métaux lourds, notamment le plomb, le zinc et le cadmium, sont particulièrement suivies dans la région Nord - Pas-de-Calais, compte tenu de la présence d'émetteurs industriels importants. Le secteur de la métallurgie des non ferreux (notamment le site METALEUROP NORD à Noyelles-Godault) représente la quasi-totalité des émissions de ces trois polluants, mais d'autres secteurs d'activités, tels que l'incinération des ordures ménagères, peuvent également émettre des quantités non négligeables de métaux lourds.

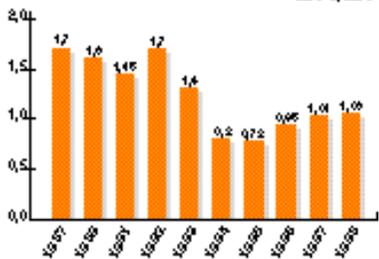
Evolution des rejets de zinc en t/an



Les rejets régionaux d'origine industrielle ont été évalués en 1998 à :

- 28 tonnes par an pour le plomb,
- 45 tonnes par an pour le zinc,
- 1,06 tonnes par an pour le cadmium.

Evolution des rejets de cadmium en t/an



L'augmentation constatée en 1998 est liée à la prise en compte des rejets de certaines usines d'incinération d'ordures ménagères, évalués sur la base de contrôles ponctuels.

Une diminution des rejets de plomb est attendue au cours des trois prochaines années, compte tenu de réductions supplémentaires prévues au niveau du site METALEUROP NORD à Noyelles-Godault.

Le tableau ci-après récapitule les plus gros rejets industriels de plomb en 1998

SOCIETES	LOCALITES	Rejet 98 de poussières en tonnes	Evolution de 97 à 98
METALEUROP NORD	Noyelles-Godault	24,649	+ 0,8%
SICTOM REGION DES FLANDRES ⁽¹⁾	Strazeele	1,871	n.d.
METALEUROP NORD	Escaudoeuvres	0,362	n.d.
VALNOR UIOM DE HENIN ⁽¹⁾	Hénin-Beaumont	0,357	n.d.
VALNOR UIOM DE NOYELLES ⁽¹⁾	Noyelles-sous-Lens	0,287	n.d.
CEAC	Lille	0,277	+ 79,9%
OLDHAM	Arras	0,184	+ 40,5%
VALNOR UIOM DE MAUBEUGE ⁽¹⁾	Maubeuge	0,148	n.d.
COBELAK	Haspres	0,021	n.d.
TOTAL		28,156	+ 13,7%

(1) estimation sur la base de mesures ponctuelles

2.1.2.7 - Les dioxines

Selon l'Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie (ADEME) et le CITEPA, les principaux secteurs industriels à l'origine d'émissions de dioxines et furanes sont la combustion et l'incinération d'une part, la sidérurgie d'autre part. Les installations d'incinération de déchets représenteraient à elles seules près de 40 % des émissions nationales.

émissions de dioxines et furanes ont été réalisées en 1998 dans les usines d'incinération d'ordures ménagères de capacité supérieure à 6 t/h, ainsi que dans les principaux établissements du secteur de la métallurgie et les cokeries. Les résultats sont récapitulés dans le tableau ci-après, sous forme de concentrations mesurées et de flux annuels estimés.

A la demande du Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, des mesures des

L'unique valeur de référence en matière d'émissions de dioxines et furanes est à l'heure actuelle une

Résultats des mesures des émissions de dioxines et furanes en 1998

SOCIETES	LOCALITES	Date de la mesure	Concentration de dioxines (moyenne) en ng/m ³	Flux total estimé en g/an
RECYTECH	Fouquières les Lens	mai 1998	134,60	205,13
		septembre 1998	5,60	6,94
VALNOR UIOM DE MAUBEUGE	Maubeuge	juillet 1998	31,20	12,63
VALNOR UIOM D'HENIN	Hénin-Beaumont	juin 1998	28,50	11,35
SEMIORA UIOM DE LABEUVRIERE	Labeuvrière	juin 1998	8,05	4,08
VALNOR UIOM DE NOYELLES	Noyelles sous Lens	juillet 1998	5,10	3,07
V&M (Vallourec et Mannesmann)	Saint-Saulve	mai 1998	4,78	4,18
SIDECO (Site SOLLAC Dunkerque)- agglomération	Grande Synthe	mai 1998	2,875	2,23
SEAS	Grande Synthe	août 1998	1,83	3,15
L.M.E.	Trith St Léger	juin 1998	0,79	0,55
DUNKERQUE ELECTROMETALLURGIE	Gravelines	juin 1998	0,70	1,23
SGTD UIOM DE DOUCHY	Douchy les Mines	juin 1998	0,66	0,27
CIDEME UIOM	Saint-Saulve	sept. 1998	0,51	0,20
ALUMINIUM DUNKERQUE	Gravelines	juin 1998	0,45	0,19
REFINAL INDUSTRIES	Lomme	mars 1998	0,43	0,25
ASCOMETAL	Leffrinckoucke	avril 1998	0,16	0,43
UGINE	Isbergues	juillet 1998	0,08	0,04
AGGLONORD	Oignies	sept. 1998	0,07	0,02
SIDECO (Site SOLLAC Dunkerque) - cokerie	Grande Synthe	juin 1998	0,05	0,12
FRANCAISE DE MECANIQUE	Douvrin	mai 1998	0,04	0,05
BUS VALERA	Gravelines	avril 1998	0,02	0,01
COKES DE DROCOURT	Drocourt	juin 1998	0,02	0,01
METALEUROP	Escaudoevres	mai 1998	0,00	0,00
CUD UIOM	Petite Synthe	usine arrêtée	-	-
VALNOR UIOM d'HALLUIN	Halluin	usine arrêtée	-	-
VALNOR UIOM DE SEQUEDIN	Sequedin	usine arrêtée	-	-
VALNOR UIOM DE WASQUEHAL	Wasquehal	usine arrêtée	-	-

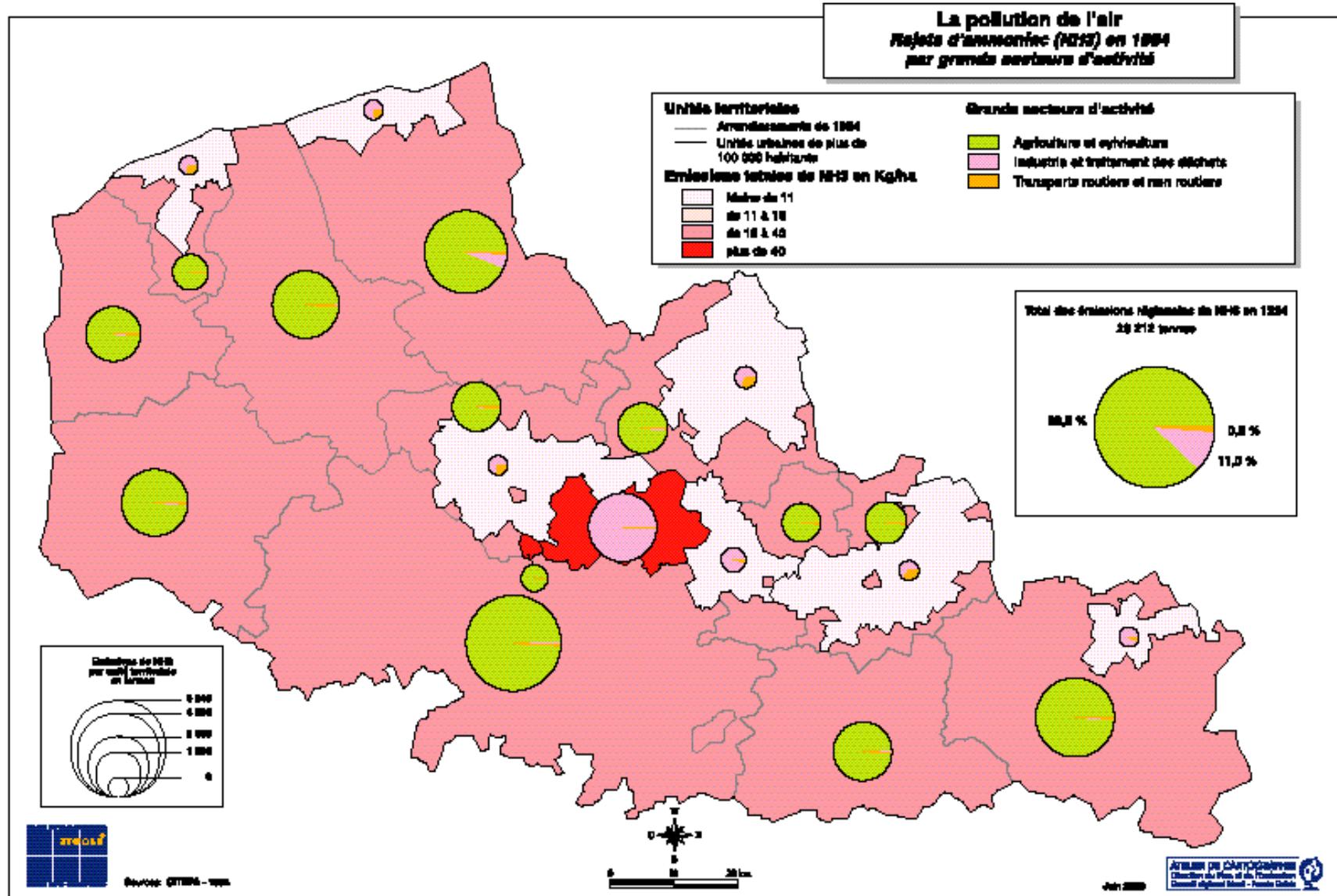
concentration limite de 0,1 ng/m³ (1 ng = 1 nanogramme = 1 milliardième de gramme), applicable sans délai aux nouvelles installations d'incinération de déchets industriels spéciaux, et à compter du 1^{er} juillet 2000 aux installations existantes. Aucune norme n'est aujourd'hui applicable aux autres secteurs d'activités.

2.1.3 L'agriculture

Assez peu de données sont disponibles concernant les émissions atmosphériques issues du secteur agricole. Selon l'inventaire CITEPA, les émissions de dioxyde de soufre, d'oxydes d'azote, de composés organiques volatils non méthaniques, de monoxyde et de dioxyde de carbone en provenance de ce secteur représentent moins de 7 % des émissions totales régionales.

En revanche, ce secteur est responsable de près de 90 % des émissions d'ammoniac (NH₃). Ces émissions sont principalement liées à l'utilisation d'engrais azotés et aux déjections animales. Elles représentaient en 1994 près de 26 000 tonnes à l'échelon régional pour le seul secteur agricole. Les zones les plus fortes émettrices pour ce secteur sont les arrondissements d'Arras, de Dunkerque et d'Avesnes-sur-Helpe, qui représentent respectivement 21 %, 14 % et 14 % des émissions régionales. Ces trois arrondissements développent en effet une activité agricole assez importante, liée en particulier aux élevages.

La carte de la page suivante présente la répartition des rejets d'ammoniac en 1994 par localisation géographique et par secteur d'activité.



L'influence de l'agriculture sur la qualité de l'air est également importante en ce qui concerne les émissions de COV liées à l'utilisation de produits phytosanitaires. Plusieurs phénomènes entraînent de telles émissions dans l'atmosphère :

- la dérive (aérienne ou par sédimentation),
- les pertes de produit après application (volatilisation après application ou érosion éolienne des molécules adsorbées par les particules de sol).

Les émissions atmosphériques liées à la pulvérisation dépendent de nombreux facteurs et sont très difficiles à quantifier. Aucun inventaire de ces émissions n'est aujourd'hui disponible.

Les phénomènes de dérive dépendent :

- du produit et de ses caractéristiques,
- du solvant,
- du type de pulvérisateur,
- du réglage du pulvérisateur,
- des conditions météorologiques lors du traitement.

Les pertes après application dépendent quant à elles :

- du produit (capacité à se volatiliser ou à s'absorber sur les particules du sol),
- des conditions météorologiques après le traitement,
- du type de sol et de sa teneur en matière organique,
- du travail du sol plus ou moins fin.

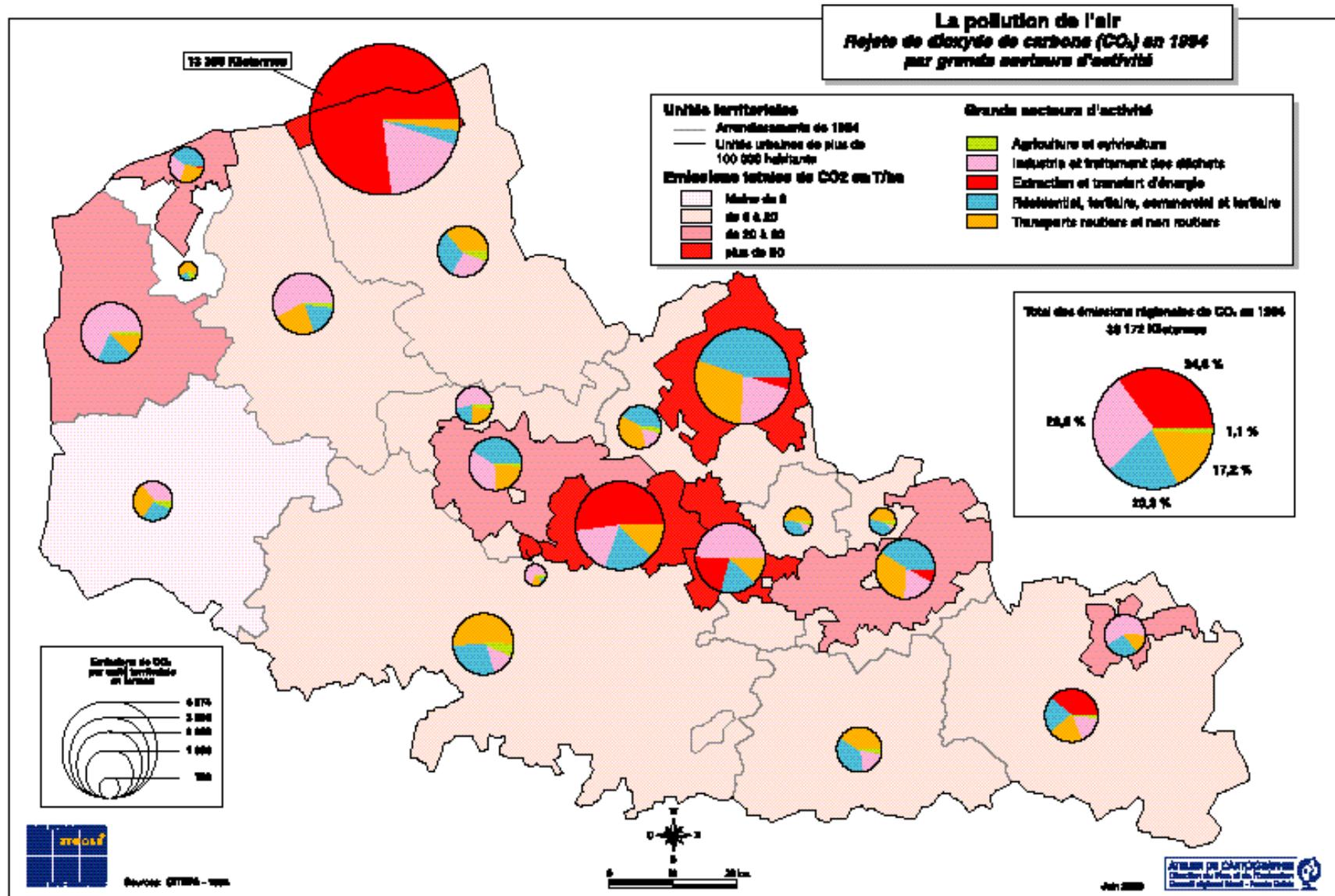
Des études ont été conduites, proposant des suivis dans l'air et l'eau de pluie des produits, mais il est difficile de les extrapoler tant les résultats sont liés aux conditions particulières d'expérimentation.

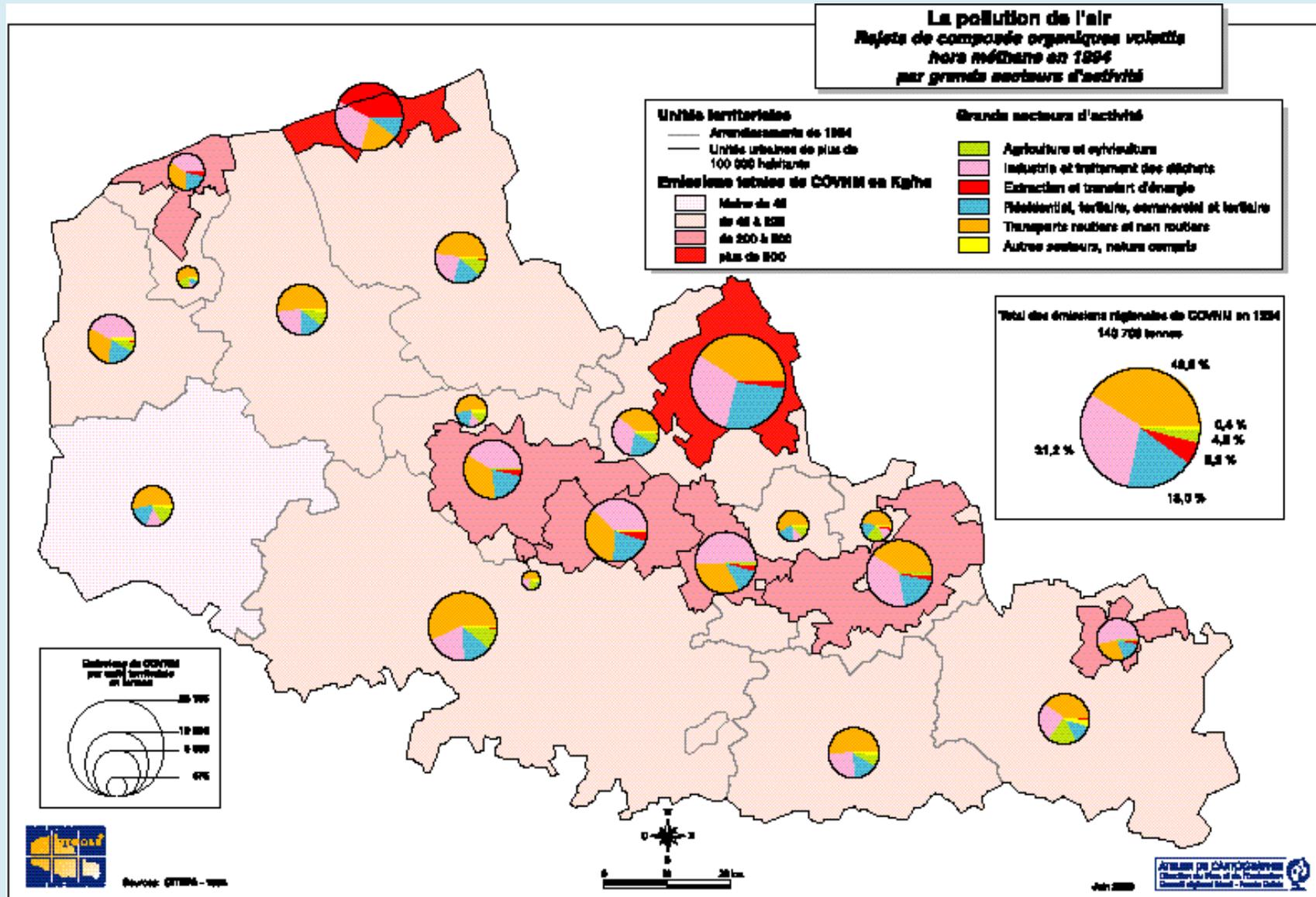
De plus, les molécules sont facilement dégradables et leurs métabolites sont souvent mal connus. Ces études montrent, d'une manière indéniable, la présence des produits phytosanitaires dans l'atmosphère et dans l'eau de pluie. Cependant, l'impact de cette présence sur la santé humaine ou sur l'environnement n'a pas été étudié et il n'existe aucune norme en la matière.

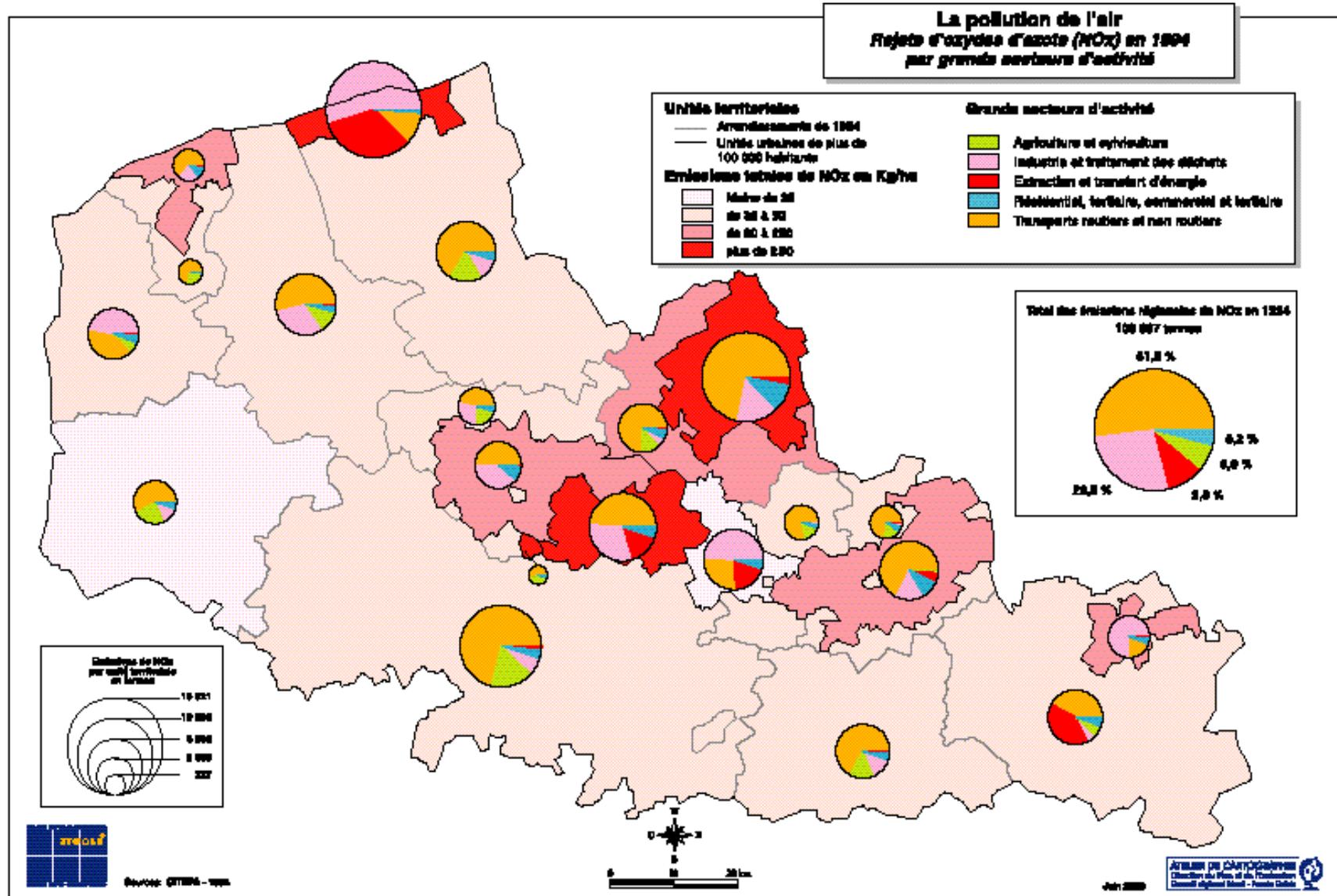
2.1.4 Tertiaire et habitat

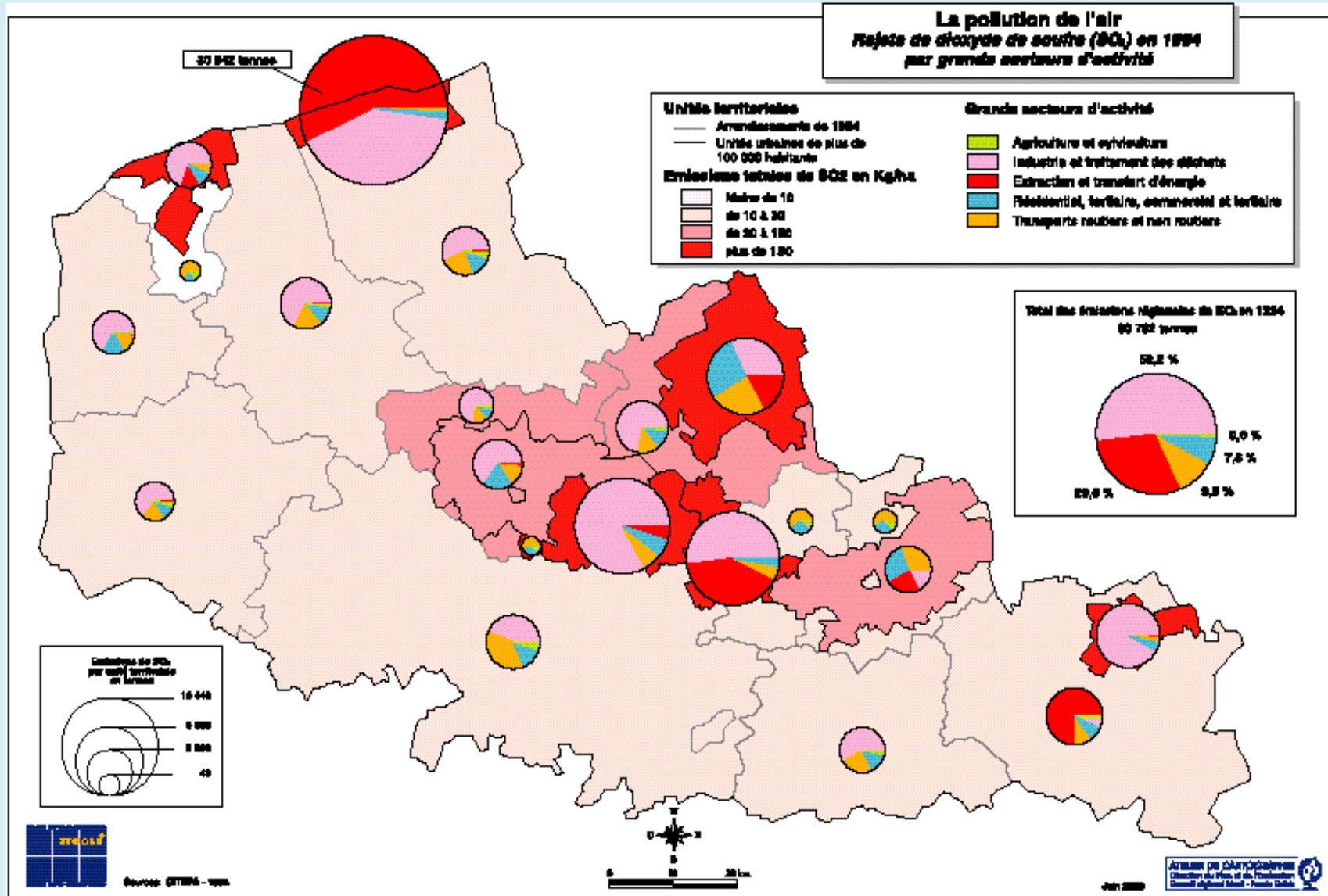
Compte tenu de la population dans la région Nord - Pas-de-Calais (3 990 000 au recensement de 1999), de sa densité (321,4 hab./km²) et de la croissance démographique actuelle (en 2020, la population de la région est supposée atteindre 4 500 000 habitants), la part du tertiaire et de l'habitat dans les émissions polluantes est loin d'être négligeable, en particulier sur l'unité urbaine de Lille, où elle est la première source de pollution par le dioxyde de carbone (CO₂).

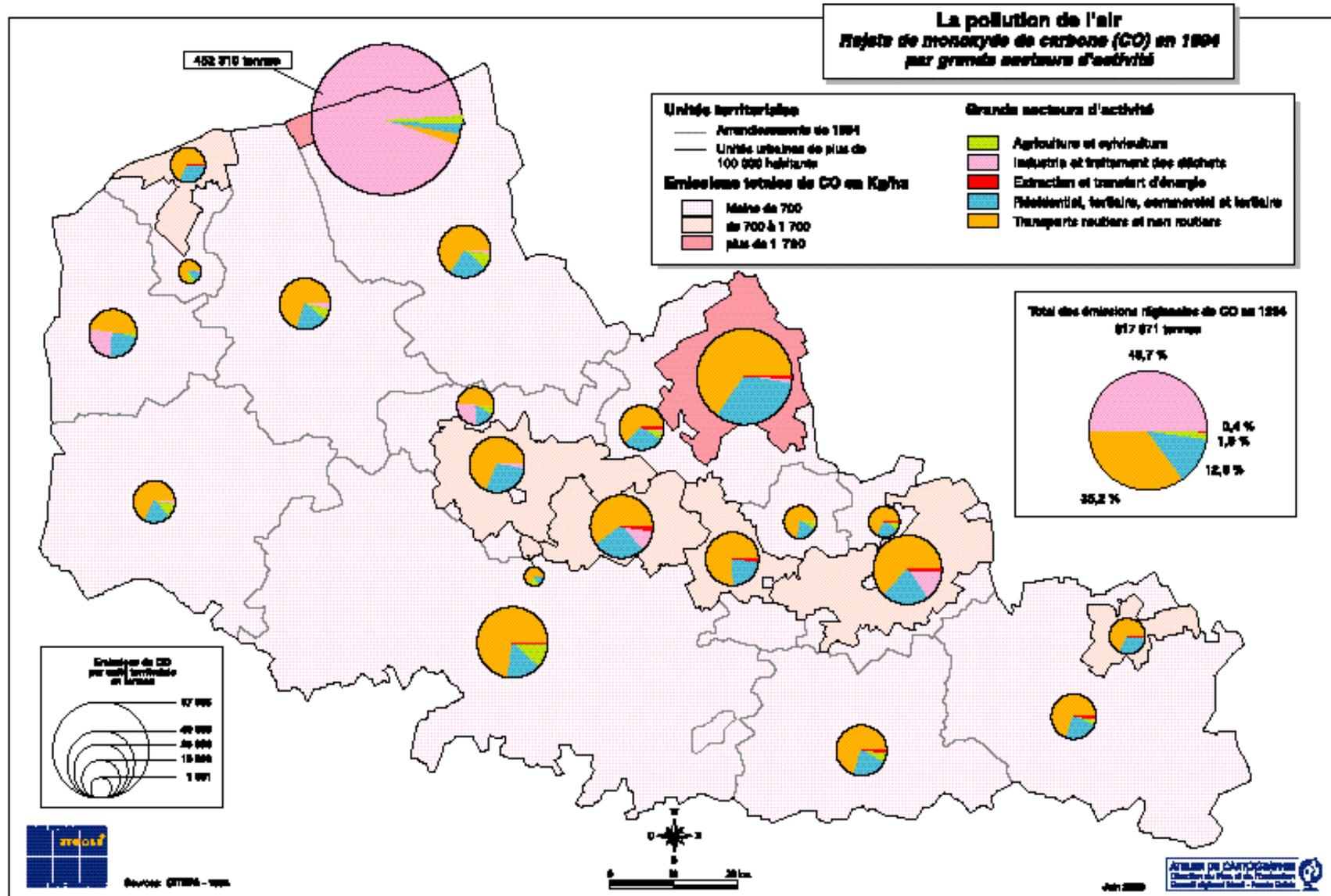
Les cartes des pages suivantes représentent la répartition des rejets de CO₂, COVNM, NOx, SO₂ et CO par grands secteurs d'activité dans la région Nord - Pas-de-Calais en 1994 (source CITEPA).











2.1.4.1 - Les énergies primaires

Le chauffage des locaux résidentiels et tertiaires entraîne bien souvent une combustion en amont, qui peut se faire sur le lieu de l'utilisation de la chaleur (production décentralisée) ou de manière centralisée et distribuée ensuite. C'est le cas des réseaux de chaleur et du chauffage électrique. Les consommations de chauffage urbain sont bien identifiées.

On remarque une majorité de produits pétroliers dans ce bilan. Ainsi les consommations de gaz et de fioul représentent à elles seules plus de 50 % des consommations totales. Une des particularités régionales vient de la consommation importante de charbon pour ce type de chauffage (22 ktep en 1995). De même, la part de récupération de chaleur des incinérateurs est importante (15 %).

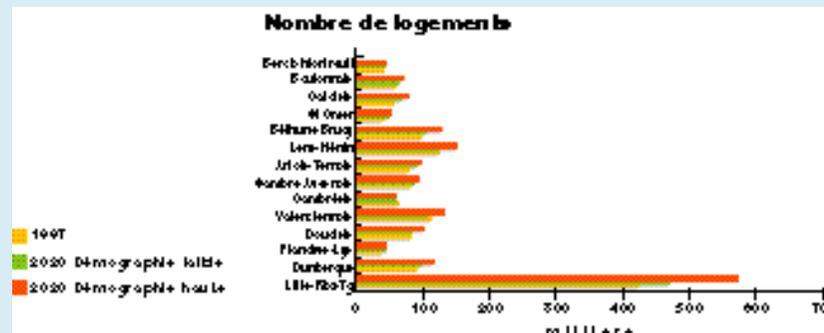
Le **chauffage divisé** pose un problème quant à l'identification des systèmes et de l'énergie utilisée. Ce parc comprend les systèmes de chauffage d'appoint et principal dans certains cas. Les acquisitions se font souvent par l'intermédiaire des grandes surfaces et peuvent être composées des systèmes suivants :

- Les convecteurs électriques.
- Les poêles à bois, au fioul, au charbon.
- **Les poêles à pétrole lampant**¹.
- Les radiants au GPL.
- Les inserts.

en%	Electricité	Bois	Charbon	Fioul	GPL	Pétrole lampant	total
1997	50	10	15	10	5	10	100
2020	50	10	5	5	5	25	100

La **production d'électricité** pose un problème particulier pour le calcul des émissions de pollution. En effet, l'électricité est une énergie de réseau pour laquelle il est difficile de donner précisément la provenance de la production. Toutefois, on peut considérer que les énergies produites localement sont privilégiées au niveau de la distribution, dans un souci d'optimisation des pertes réseau. Pour cette raison, une large partie des émissions des centrales à combustibles fossiles d'une région est assez légitimement affectée à la pollution atmosphérique liée au chauffage électrique.

Depuis 1994, année de référence pour la réalisation de l'inventaire des émissions atmosphériques régionales par le CITEPA, la centrale thermique de Pont-sur-Sambre a cessé son activité (en 1997). Celle de Dunkerque devrait quant à elle être arrêtée dans un proche avenir. Cette situation entraîne une baisse importante (constatée ou à venir) des rejets atmosphériques des centrales thermiques de production d'électricité, et accentue la particularité de notre région concernant la part importante de la production d'électricité d'origine nucléaire.



La substitution progressive du charbon, encore largement utilisé dans la région, par le gaz naturel et l'électricité, conduit depuis quelques années à la diminution des émissions de dioxyde de soufre d'origine domestique, les émissions des autres polluants (notamment les oxydes d'azote et le dioxyde de carbone) connaissant quant à elles une certaine stagnation.

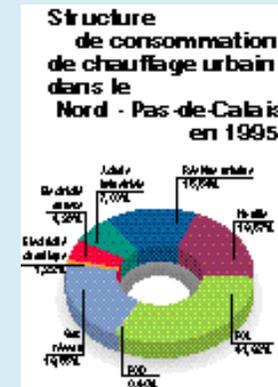
2.1.4.2 - Perspectives à échéance 2020

a) Evolution de la population à l'horizon 2020

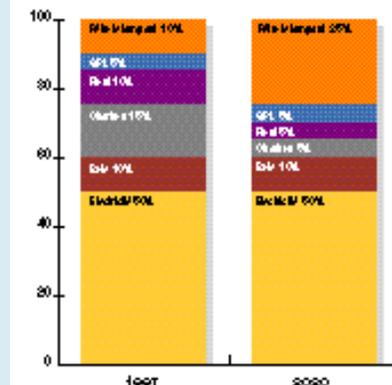
Deux hypothèses ont été retenues : une basse à 3,8 millions d'habitants et une haute à 4,5 millions. La différence de population entre ces deux projections est supposée se localiser uniquement dans les unités urbaines.

b) Parcs de logements

La croissance du parc de logements découle logiquement du nombre de ménages et de la structure de ceux-ci. On assiste ainsi, en fonction des deux scénarios de démographie, aux croissances suivantes :

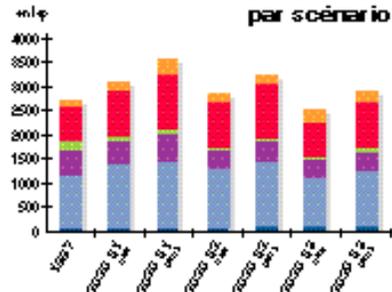


Hypothèses de répartition des consommations de chauffage divisé



¹ Le problème particulier soulevé par l'utilisation de ces appareils comme chauffage d'appoint ou principal sera traité dans le paragraphe 2.2.2 sur la pollution à l'intérieur des locaux.

Consommations d'énergie dans le secteur résidentiel par scénario



c) Consommations d'énergie dans le secteur résidentiel

Les consommations d'énergie sont calculées en fonction de trois hypothèses sur l'efficacité énergétique, correspondant aux trois scénarios du Commissariat Général du Plan :

- S1 - Hypothèse "Marché"
- S2 - Hypothèse "Etat industriel"
- S3 - Hypothèse "Etat protecteur de l'environnement"

Ces hypothèses font apparaître une nette diminution du recours au charbon et dans une certaine mesure au fioul, au bénéfice du gaz et de l'électricité. Les traditionnels poêles à charbon sont remplacés par des systèmes de chauffage indépendants, tels que les poêles à pétrole lampant. Dans tous les cas, on considère une augmentation importante des systèmes de chauffage divisés.

Cette analyse tient compte de l'efficacité énergétique des bâtiments, qui dépend du type de logement (individuel ou collectif) et de l'année de construction, impliquant ou non les effets des réglementations thermiques de 1975 et 1989. Or, la part de logements construits avant 1974 est encore très importante.

d) Evolution des consommations du secteur tertiaire

De la même façon que pour le secteur résidentiel, l'évolution des consommations tient compte des trois scénarios S1, S2 et S3 .

Pour le secteur tertiaire, on observe une forte substitution des produits pétroliers en faveur du gaz. La part de l'électricité reste quasiment constante.

e) Consolidation des résultats

Les deux secteurs ont été agrégés par énergie afin d'avoir un bilan total pour l'ensemble de la région.

Le graphique montre que les consommations d'énergies peuvent aller jusqu'à une réduction par rapport à la situation de référence de 1997. Le scénario S3 "politique environnementale" associé à un faible développement démographique permettrait de réduire les consommations régionales de chauffage de l'ordre de 0,3% par an. Dans l'hypothèse d'un développement important de la région, les consommations de chauffage pour le même scénario sont presque stabilisées et atteignent une croissance annuelle de 0,15%.

La répartition par énergie finale est très proche d'un scénario à l'autre. Les consommations de charbon tendent à disparaître et les consommations de fioul sont en forte baisse au bénéfice de l'électricité et du gaz. Les consommations de chauffage urbain restent stables.

Il faut noter aussi l'importante progression de la part du chauffage divisé, et surtout l'inquiétante augmentation du nombre de poêles à pétrole lampant. En effet, dans une région fortement marquée par les cas d'intoxication au monoxyde de carbone, les poêles à pétrole lampant, utilisés dans des conditions non appropriées, présentent des risques importants pour la santé et la pérennité des bâtiments (condensation, risques d'incendie).

2.1.5 Les transports

2.1.5.1 - Etat des lieux

Le Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique (CITEPA) a établi en 1997, sur la base de données de 1994, un inventaire des émissions pour la région Nord - Pas-de-Calais. Le secteur des transports routiers représente 10 % des émissions de SO₂, 51 % des émissions de NO_x, 40 % des émissions de COVNM, 35 % des émissions de CO, 0,5 % des émissions de NH₃ et 17 % des émissions de CO₂.

On note donc l'importance de ce secteur pour le SO₂, les NO_x, COVNM, CO et CO₂.

Les cartes suivantes représentent les émissions par tronçons, illustrant le haut niveau d'émissions dans les unités urbaines pour l'ensemble des polluants (trafics importants mais aussi facteurs d'émission plus élevés à faible vitesse pour le CO et les COVNM des véhicules à essence non catalysés).

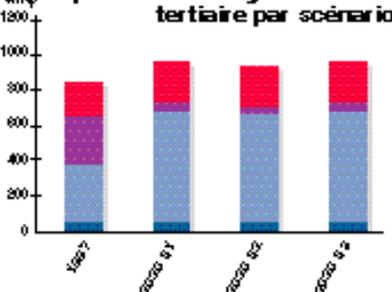
On remarque également les émissions importantes sur les grands axes routiers reliant entre elles les unités urbaines (en particulier A25 Dunkerque-Lille, et A23 Lille-Valenciennes).

La A1 (à hauteur de Lille) est le plus fort émetteur pour le SO₂ et les NO_x

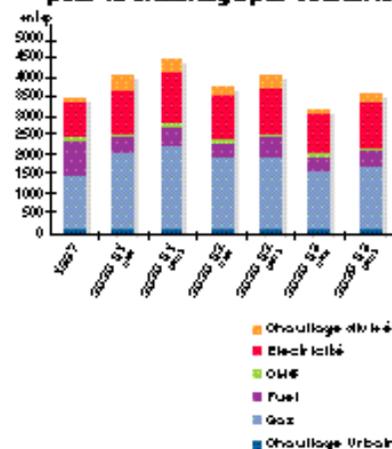
17 T/km de SO₂

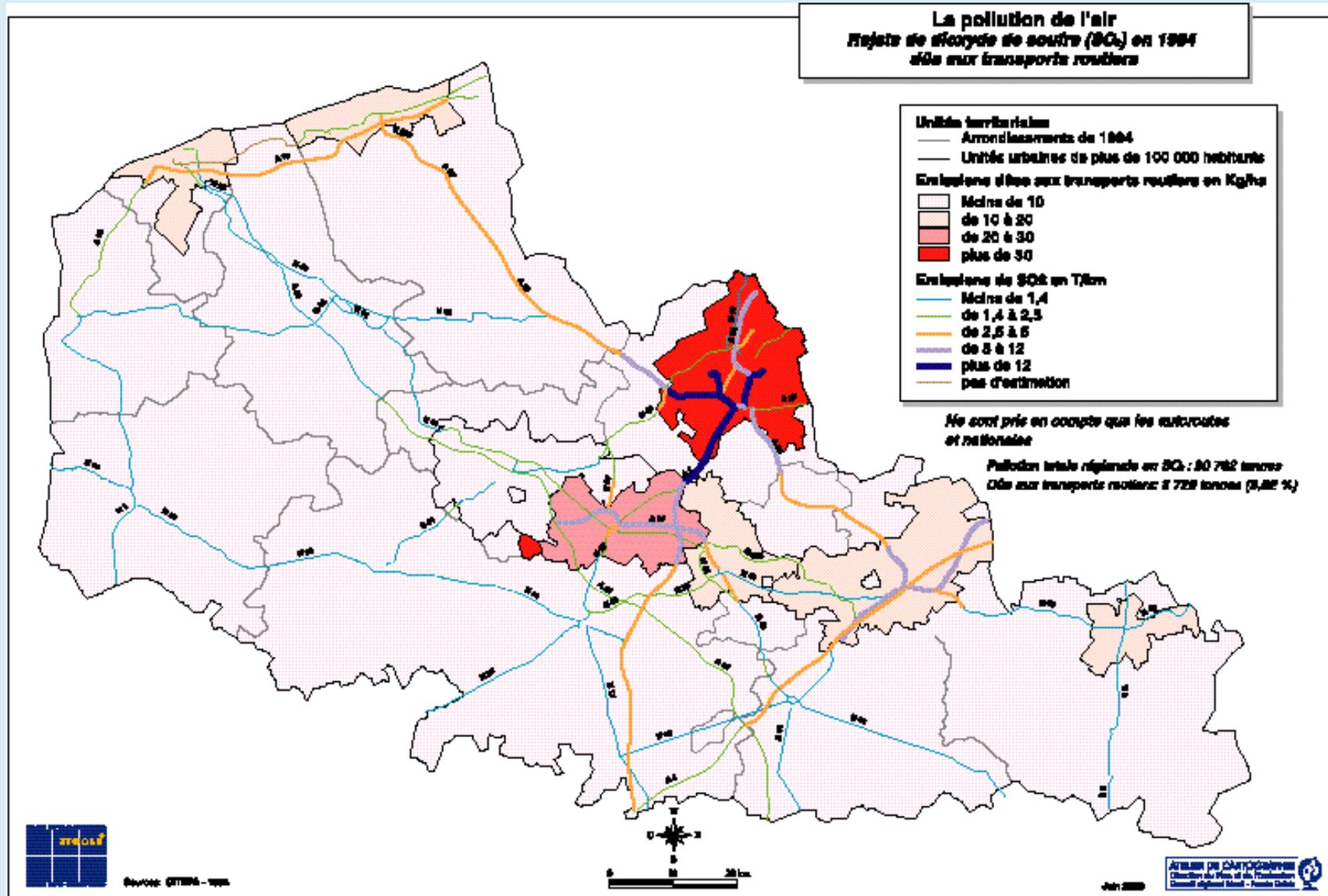
142 T/km de NO_x

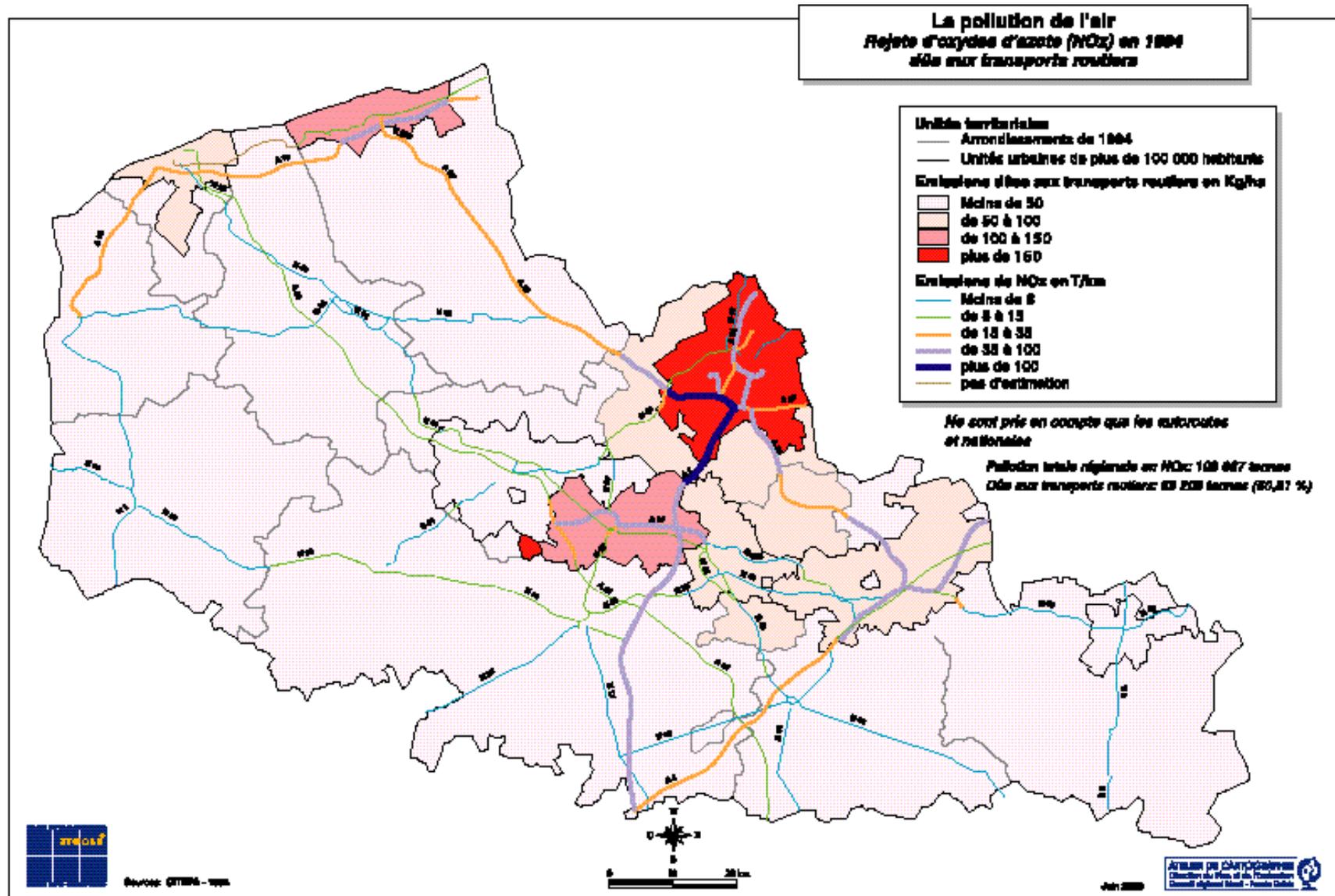
Consommations d'énergie finale pour le chauffage du secteur tertiaire par scénario

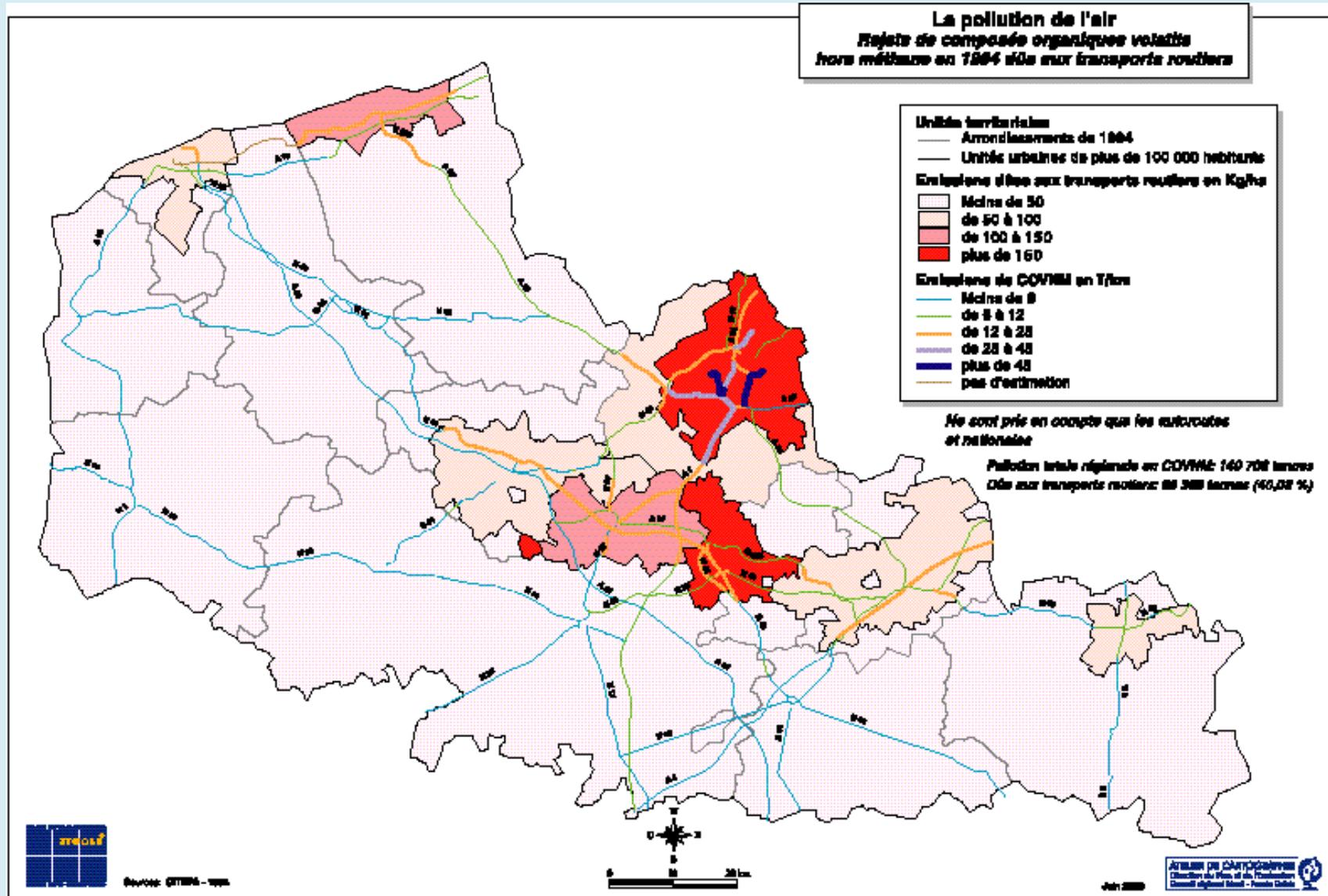


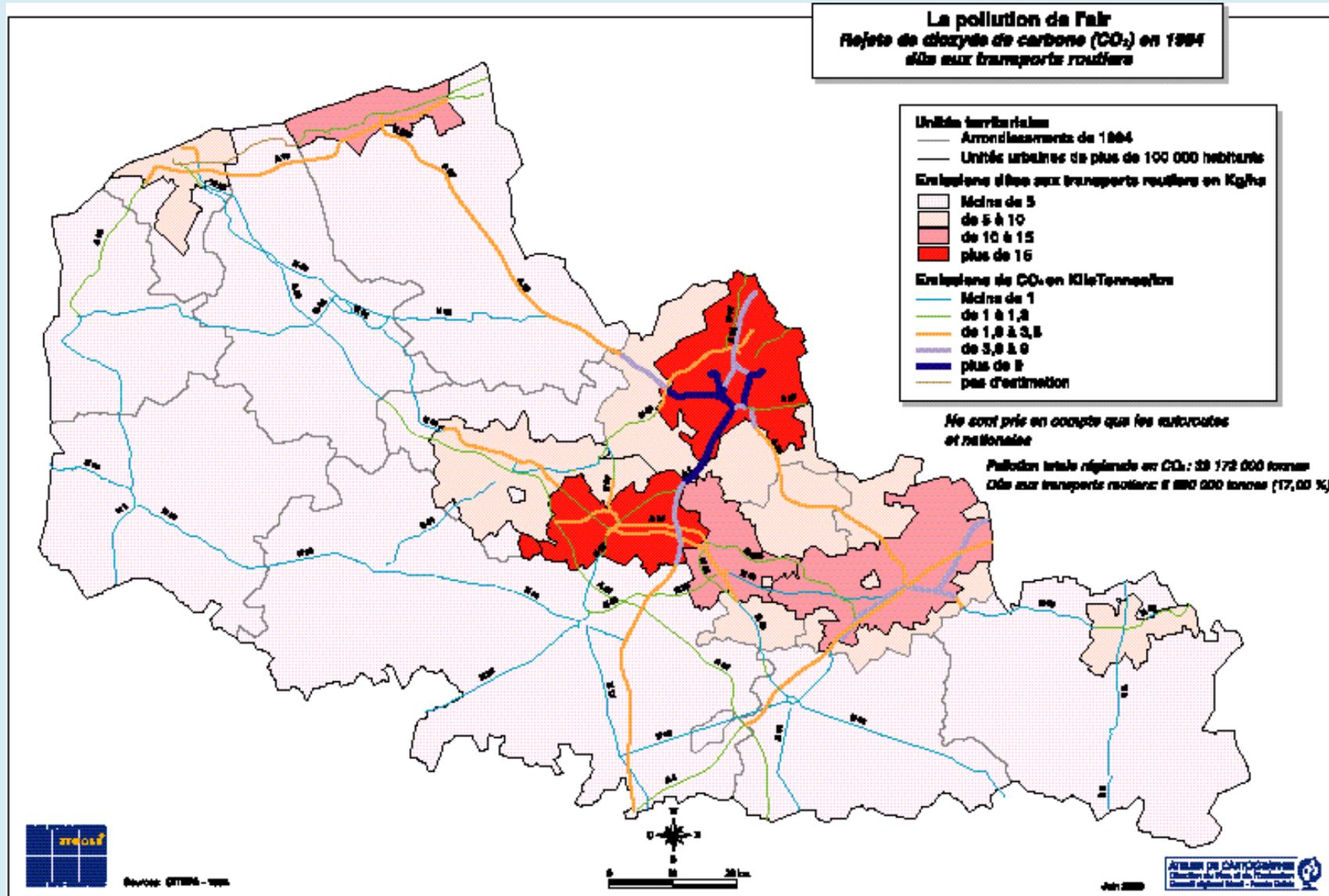
Consommations d'énergie totales pour le chauffage par scénario







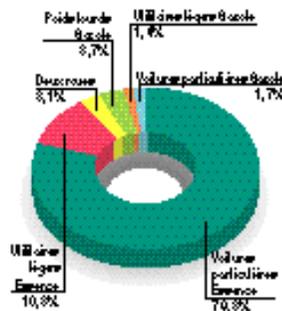




Les émissions atmosphériques

Total des émissions régionales de CO dues aux transports routiers en 1994

321 250 tonnes



La N 351, dans Lille, est le plus fort émetteur pour les COVNM, le CO₂ et le CO
 109 T/km de COVNM
 1017 T/km de CO
 14000 T/km de CO₂

- Ces résultats s'expliquent par les faibles vitesses de circulation en milieu urbain, associées à de forts trafics, d'où la prépondérance du monoxyde de carbone et des composés organiques volatils. La vitesse plus élevée sur autoroute favorise les émissions de dioxyde d'azote des véhicules non munis de pots catalytiques, qui constituent, en 1994, une grande partie du parc automobile.

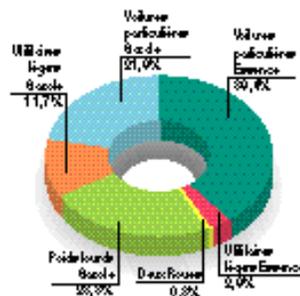
- Les poids lourds sont les premiers émetteurs de dioxyde de soufre (31 %) suivis des véhicules particuliers diesels (29 %), puis des véhicules particuliers à essence (22 %) et des véhicules utilitaires légers diesel (16 %).

- Pour les oxydes d'azote, ce sont les véhicules particuliers à essence (46 %) qui devancent les poids lourds (33 %).

- Les véhicules à essence sont à l'origine de 77 % des émissions de composés organiques non volatils dont 30 % sont émis par évaporation lors du remplissage des réservoirs.

Total des émissions régionales de CO₂ dues aux transports routiers en 1994

6 660 kilotonnes



- Les émissions de monoxyde de carbone sont typiquement le fait des véhicules à essence (90 %) pour les véhicules particuliers et les véhicules utilitaires légers) (cf. camembert de répartition ci-contre).

- En ce qui concerne le dioxyde de carbone, les émissions sont directement liées aux consommations de carburants :
 véhicules particuliers à essence : 39 %
 poids lourds diesel : 23 %
 véhicules utilitaires légers diesel : 12 %
 (cf. camembert de répartition ci-contre).

Les autres modes de transports représentent une part très faible des émissions pour l'ensemble des polluants (moins de 1%). Toutefois, il est intéressant de relever les cas ci-dessous qui se différencient le plus de la moyenne régionale et qui correspondent aux unités territoriales où sont localisés soit un aéroport, soit un trafic fluvial ou ferroviaire plus important que dans les autres unités territoriales.

Localisation	Polluant	Routier		Aérien		Ferroviaire		Fluvial	
		t	%	t	%	t	%	t	%
Arrondissement de Douai	SO ₂	196	94,9	0	0	2	1,1	8	4,0
	NO _x	1338	93,4	0	0	14	1,0	80	5,6
	COVNM	1202	98,8	0	0	3	0,3	11	0,9
	CO	6220	99,2	0	0	7	0,1	46	0,7
	CO ₂	146780	96,1	0	0	1300	0,9	4700	3,1
Arrondissement de Béthune	SO ₂	148	95,2	1	0,9	0	0	6	3,9
	NO _x	952	93,4	9	0,8	0	0	59	5,8
	COVNM	1085	94,9	50	4,4	0	0	8	0,7
	CO	5523	95,0	258	4,4	0	0	34	0,6
	CO ₂	112820	93,6	4300	3,6	0	0	3470	2,9

Note : Le trafic maritime n'est pas pris en compte dans cet inventaire. Pour le trafic aérien, seul est pris en compte le trafic < 1000m.

2.1.5.2 Evolution prévisible des émissions et du trafic

a) Evolution des caractéristiques globales du parc automobile²

Depuis 1960, on observe trois changements majeurs :

- La concentration autour des véhicules de 4 à 7 CV

Les modèles de prestige des années 1970 sont remplacés petit à petit par des voitures "conjoncturelles" de tailles plus réduites nées de la crise. Ceci a pour conséquence l'accroissement de la part des véhicules d'une puissance fiscale comprise entre 4 et 7 CV.

- La pénétration continue des moteurs diesel

Amorcée à la suite des deux chocs pétroliers, en raison de l'accroissement du prix de l'essence, la pénétration des moteurs diesel est l'autre phénomène marquant de l'évolution du parc automobile en France. De 1% en 1970, la part des diesel croît à 4% en 1980, à 15% en 1990 et enfin à 30% aujourd'hui, soit 7,5 millions de véhicules.

- Le vieillissement général des voitures

Malgré les immatriculations neuves (2,1 millions en 1996 pour 4 millions d'immatriculations d'occasion) et en dépit des effets du contrôle technique, l'âge moyen du parc croît sensiblement : il augmente en effet de 6,2 à 6,8 ans entre 1975 et 1995. Ce phénomène s'accompagne d'une légère augmentation du kilométrage moyen annuel.

b) Evolution des émissions unitaires

Le parc des véhicules évolue en fonction des modifications de caractère sociologique, technique, réglementaire ou financier.

Ainsi :

- L'augmentation du taux de "diésélisation" des véhicules particuliers entraîne une augmentation relative des émissions unitaires de monoxyde de carbone, d'oxydes d'azote et de particules. Par contre, le moteur diesel émet moins de CO₂ qu'un moteur à essence du fait d'une moindre consommation.

- Le moteur à essence, grâce à la catalyse trifonctionnelle (traitement simultané des émissions de CO, COV et NO_x) a vu ses émissions en nette régression sauf pour le CO₂. En effet, le fonctionnement du pot catalytique génère une augmentation de 4% de la consommation de carburant, donc des émissions supplémentaires de CO₂.

- La climatisation, et tous les éléments de confort qui induisent une augmentation du poids moyen du véhicule, ont une répercussion directe sur la consommation de carburant et donc sur les émissions de polluants.

Les effets conjugués de la réglementation et des progrès technologiques, ajoutés aux hypothèses sur l'évolution du trafic, permettent d'établir le tableau de la page suivante, reprenant l'évolution des émissions unitaires et globales des véhicules.

Ce tableau se base sur un modèle démographique national de l'INRETS, concernant l'évolution du parc de véhicules particuliers, soit une augmentation de

1,6 % par an jusqu'en 2009 puis de 1 % par an entre 2010 et 2020. On suppose stable la part des véhicules essence et diesel (2/3, 1/3).

Unités :

Emissions unitaires en grammes par Km

Emissions totales en milliers de tonnes

Kilométrages en milliards de véhicules x Km

²Données issues du CLIP : les cahiers du club d'ingénierie prospective énergie environnement (décembre 1998)

Les émissions atmosphériques

Parc VP total	2000 1 175 000		2020 2 220 000	
	Essence	Diesel	Essence	Diesel
Parc VP	1 155 000	570 000	1 478 000	733 000
Kilométrage	14,23	11,64	18,31	14,99
NO _x unitaires	1,08	0,48	0,09	0,17
NO _x totales	15,37	5,58	1,65	2,55
COV unitaires	1,70	0,11	0,09	0,02
COV totales	24,19	1,28	0,65	0,30
CO unitaires	10,43	0,47	1,45	0,11
CO totales	148,42	5,47	26,55	1,65
CO ₂ unitaires	202	150	154	102
CO ₂ totales	2874,46	1746	2819,74	1529
Particules unitaires		0,12		0,01
Particules totales		1,39		0,15

- Les émissions de CO ont baissé régulièrement jusqu'en 1992 par traitement à la source des moteurs à essence. Depuis 1993, la généralisation des catalyseurs a accentué cette baisse au point de diviser par 5,6 les émissions globales d'ici à 2020.

- Les émissions de COV suivent une évolution voisine du CO grâce à la généralisation des catalyseurs (essence et diesel) et au contrôle des évaporations dans les circuits de distribution et sur les véhicules.

- Les émissions de plomb auront disparu en 2000.

- Les émissions de dioxyde de soufre diminuent grâce à la réduction des teneurs en soufre des carburants (0,05 % en 1997).

- Les émissions de NO_x ont cessé de croître grâce à la catalyse sur les moteurs à essence.

- Les émissions de particules seront réduites, grâce en particulier à la catalyse d'oxydation rendue possible par la réduction de la teneur en soufre dans le gazole.

- Le CO₂ : la combustion complète de 1 kg de carburant liquide (essence ou gazole) produit 3,14 kg de CO₂. Les émissions de CO₂ dépendent de 3 facteurs :

- Le volume du parc (en constante augmentation),
- Le kilométrage moyen (que l'on peut limiter en luttant contre l'étalement urbain),
- La consommation unitaire moyenne (amélioration du rendement des moteurs et limitation du poids des véhicules).

11.2 La qualité de l'air

2.2.1 Qualité de l'air extérieur

La région Nord - Pas-de-Calais, du fait d'un tissu industriel, d'un trafic routier et d'une urbanisation importants, s'est rapidement équipée de moyens de surveillance de la qualité de l'air.

Le premier dispositif de surveillance, dit réseau "manuel", fut mis en place dès 1962 à l'initiative des Conseils Généraux du Nord et du Pas-de-Calais, et fut géré par la Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement en collaboration avec l'Ecole des Mines de Douai.

Ce dispositif comptait encore récemment quelque 110 appareils capables de mesurer la pollution de l'air dans la région Nord - Pas-de-Calais (notamment acidité forte, fumées noires, métaux), par l'intermédiaire d'analyses effectuées a posteriori sur les prélèvements recueillis. Aujourd'hui, ce réseau manuel tend à disparaître, au profit des réseaux de surveillance automatique de la qualité de l'air.

2.2.1.1 - Présentation des réseaux automatiques de surveillance de la qualité de l'air

Quatre réseaux automatiques de surveillance de la qualité de l'air fonctionnent dans la région Nord - Pas-de-Calais :

- **OPAL'AIR**, précédemment dénommé AREMADEC, créé en 1976 et chargé de la surveillance des zones littorales, de la Flandre intérieure et de l'Audomarois,

- **AREMA** Lille-Métropole, précédemment dénommé AREMA Lille-Roubaix-Tourcoing, créé en 1979 et chargé de la surveillance de l'agglomération lilloise,

- **AREMARTOIS**, créé en 1990 et chargé de la surveillance de la zone couverte par les agglomérations de Lens, Béthune, Arras, Bapaume et le ternois,

- **AREMASSE**, créé en 1996 et chargé de la surveillance de la zone couverte par les arrondissements d'Avesnes-sur-Helpe, Cambrai, Douai et Valenciennes.

Afin de compléter les moyens de mesure fixes des réseaux, la première station mobile de mesure de France a été mise au point en 1987 dans la région Nord - Pas-de-Calais. Ce dispositif mobile, constitué d'un véhicule équipé d'analyseurs, a depuis évolué pour être composé d'un véhicule tracteur et de deux remorques équipées d'analyseurs de polluants et d'un mât météorologique. Il est partagé entre cinq utilisateurs : les quatre réseaux automatiques régionaux et l'Ecole des Mines de Douai.

Les principaux polluants atmosphériques aujourd'hui surveillés par les 4 réseaux automatiques régionaux sont :

- le dioxyde de soufre (SO₂),
- le monoxyde et le dioxyde d'azote (NO-NO₂),
- les particules en suspension de diamètre inférieur à 10 µm (Ps),
- l'ozone (O₃),
- le monoxyde de carbone (CO),
- le benzène, le toluène et le xylène (BTX).

A terme, les polluants supplémentaires suivants seront mesurés, pour respecter les dispositions de la directive européenne "cadre" sur la qualité de l'air du 27 septembre 1996 :

- particules fines,
- hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP),
- cadmium,
- plomb,
- arsenic,
- nickel,
- mercure.

Stations de mesure et analyseurs :

- Le réseau OPAL'AIR est composé de 20 stations de mesure comprenant au total 48 analyseurs. Ce réseau présente la particularité de mesurer certains polluants non réglementés mais dont la surveillance s'avère importante, compte tenu du contexte local. C'est ainsi qu'un réseau "fluor" a été constitué, de manière à surveiller l'impact généré par le complexe électro-métallurgique ALUMINIUM-DUNKERQUE. De même, du fait de la présence proche de la centrale nucléaire de Gravelines, des moyens de surveillance de la radioactivité sont également opérationnels.
- Le réseau AREMA Lille-Métropole compte aujourd'hui 17 stations de mesure regroupant 43 analyseurs.

La qualité de l'air

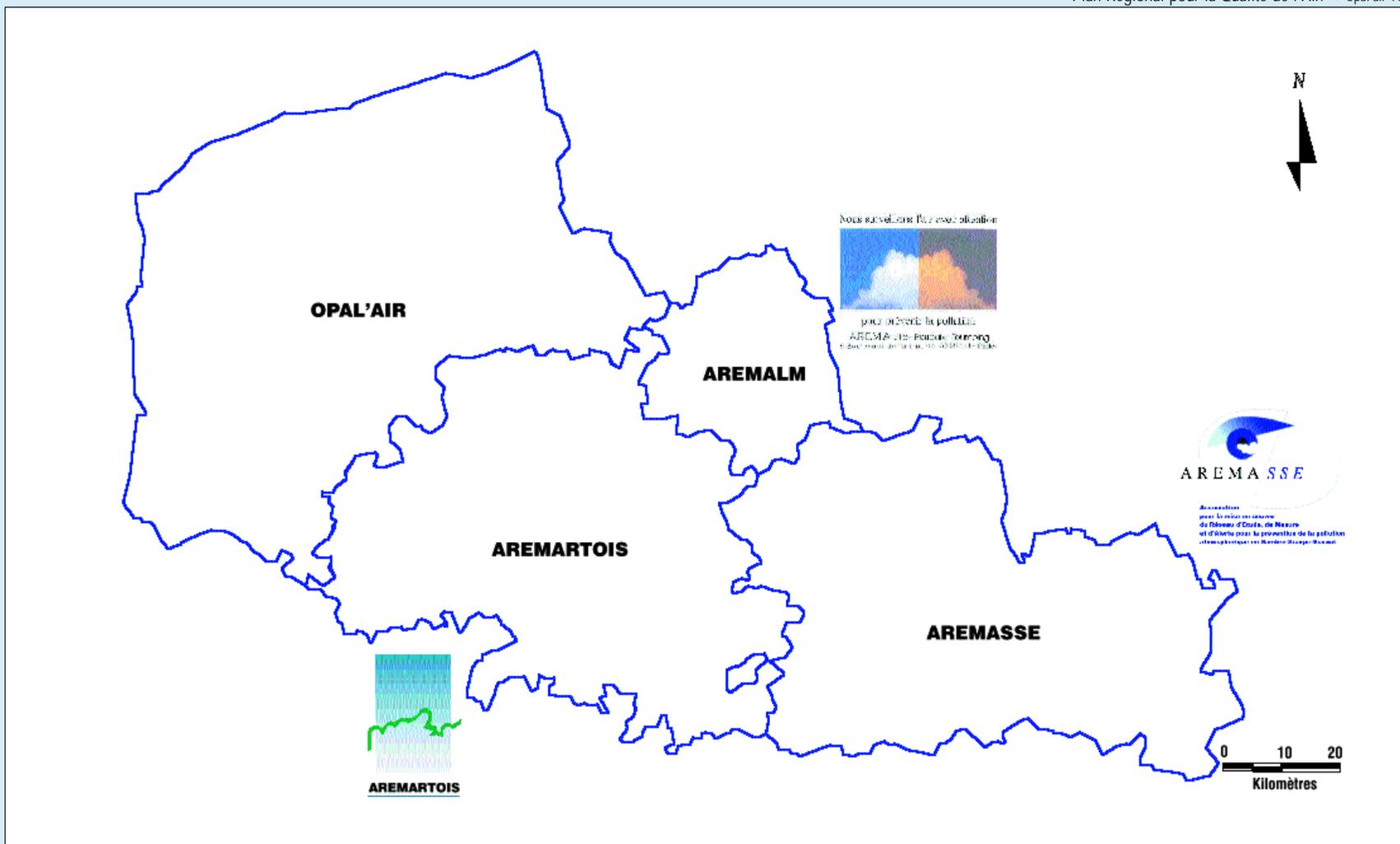
- Le réseau AREMARTOIS est composé de 21 stations de mesure comprenant 59 analyseurs au total.
- Le réseau AREMASSE compte enfin à ce jour 7 stations fixes et 2 stations provisoires représentant au total 31 analyseurs. A terme, ce réseau comprendra 19 stations de mesure pour 60 analyseurs.

Après mise en place de l'ensemble du dispositif de surveillance de l'AREMASSE, la région Nord - Pas-de-Calais sera par conséquent couverte par près de 80 stations de mesure comprenant au total plus de 200 analyseurs.

Les cartes des pages suivantes présentent d'une part les zones de compétence des 4 réseaux automatiques régionaux et l'implantation des stations de mesure de la qualité de l'air, et d'autre part la répartition des analyseurs par zone de surveillance.

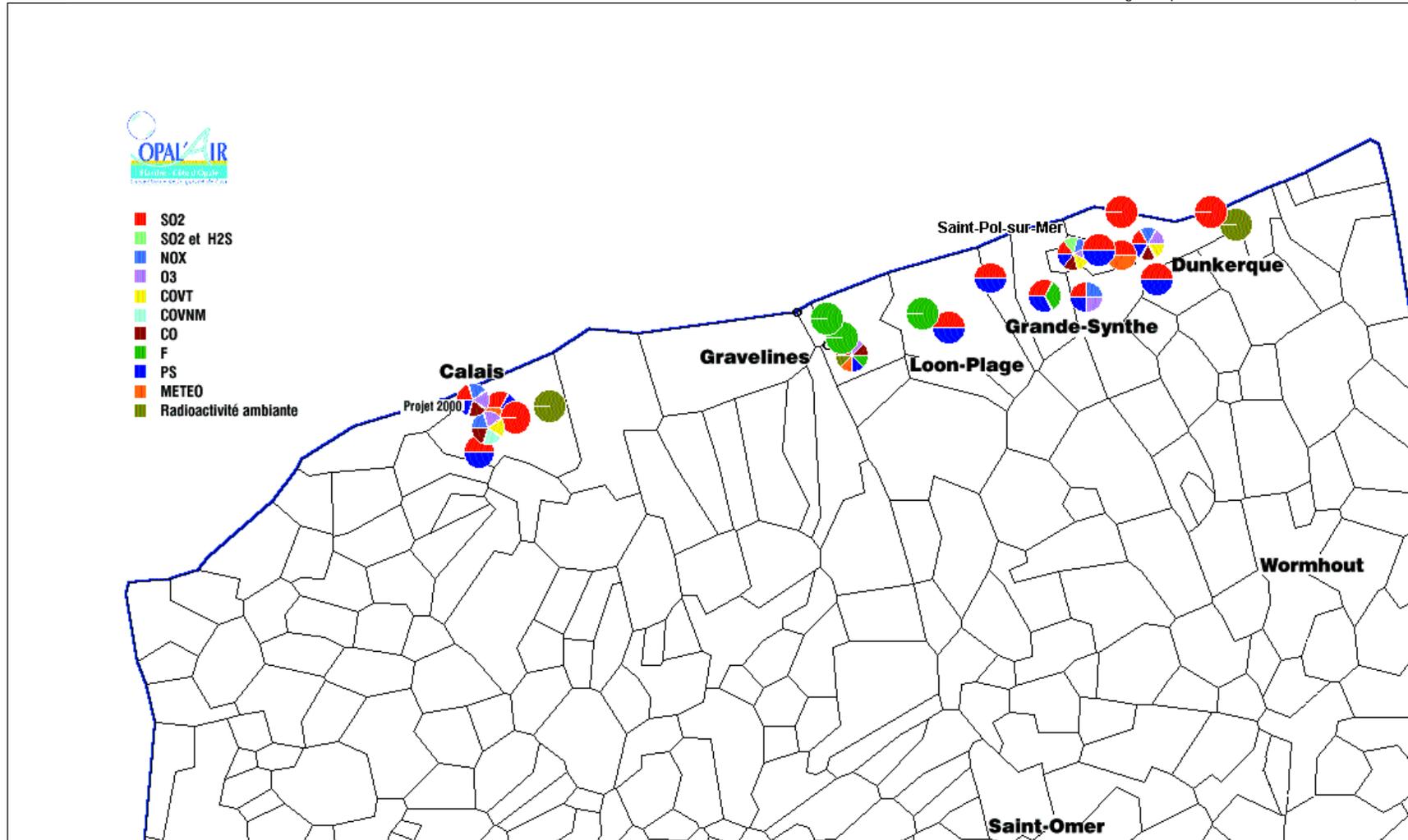
Zones de compétence des réseaux régionaux

Plan Régional pour la Qualité de l'Air. © Opal'air 1999



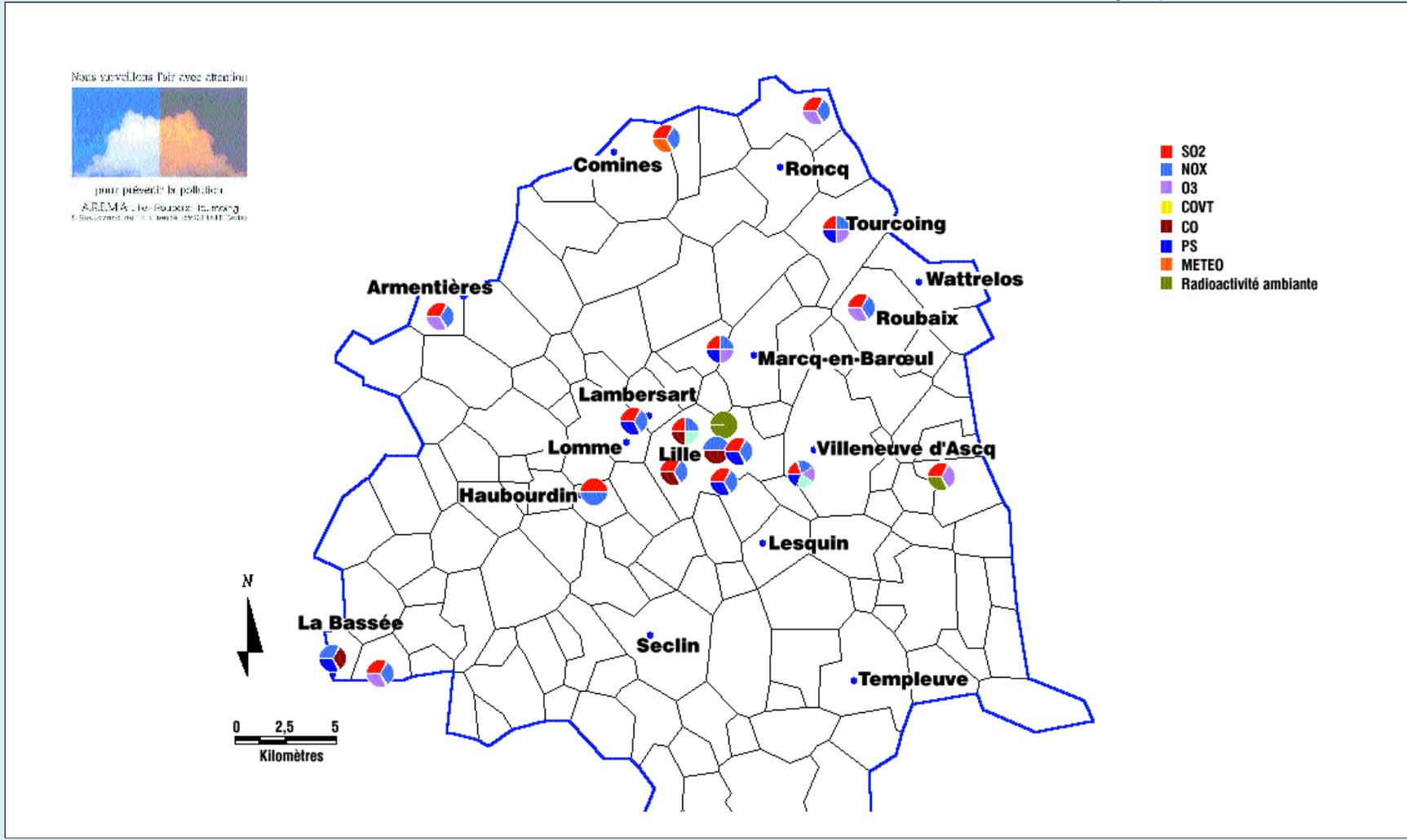
Réseau OPAL'AIR - Paramètres mesurés par stations

Plan Régional pour la Qualité de l'Air. © Opal'air 1999



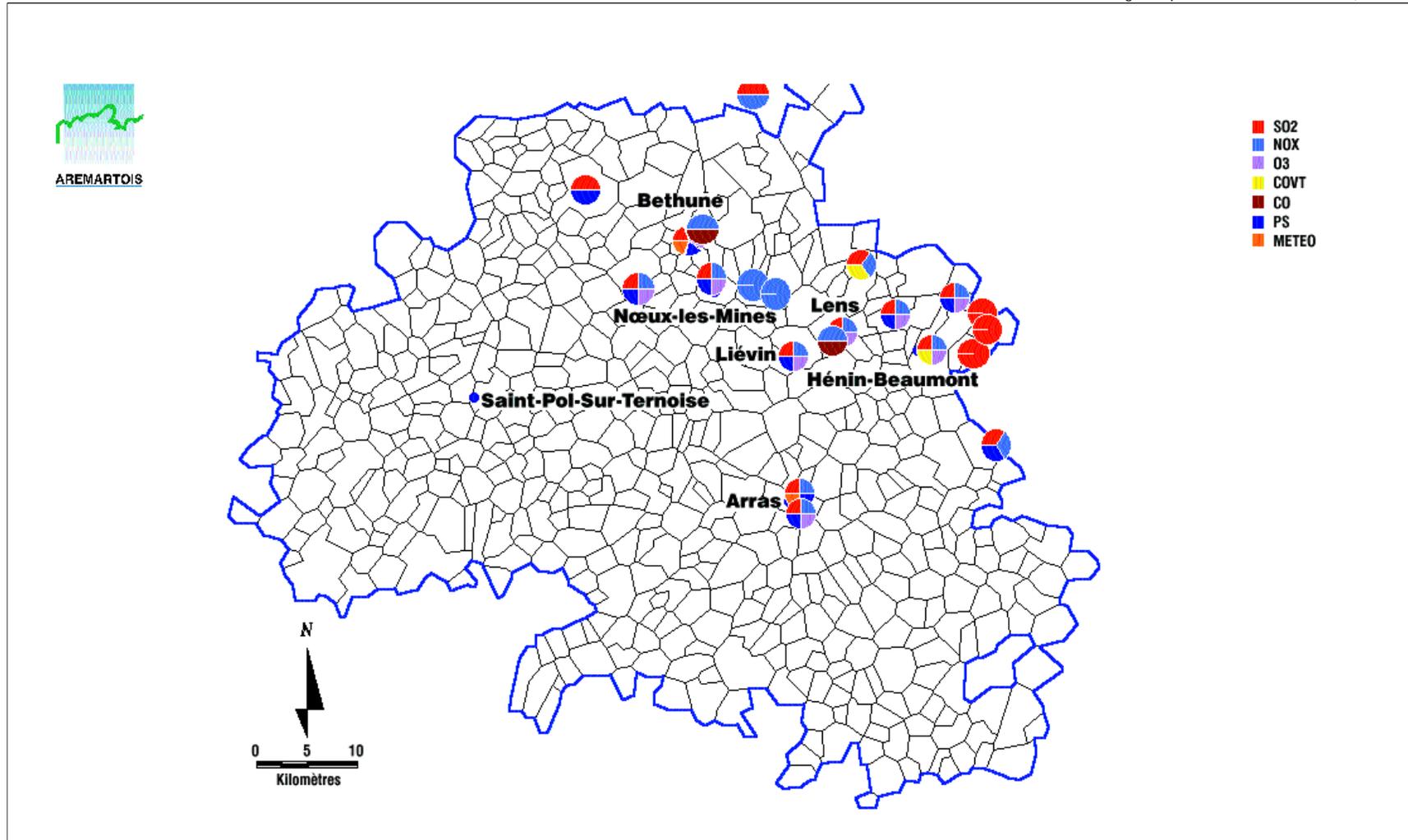
Réseau AREMALM - Paramètres mesurés par stations

Plan Régional pour la Qualité de l'Air. © Opal'air 1999



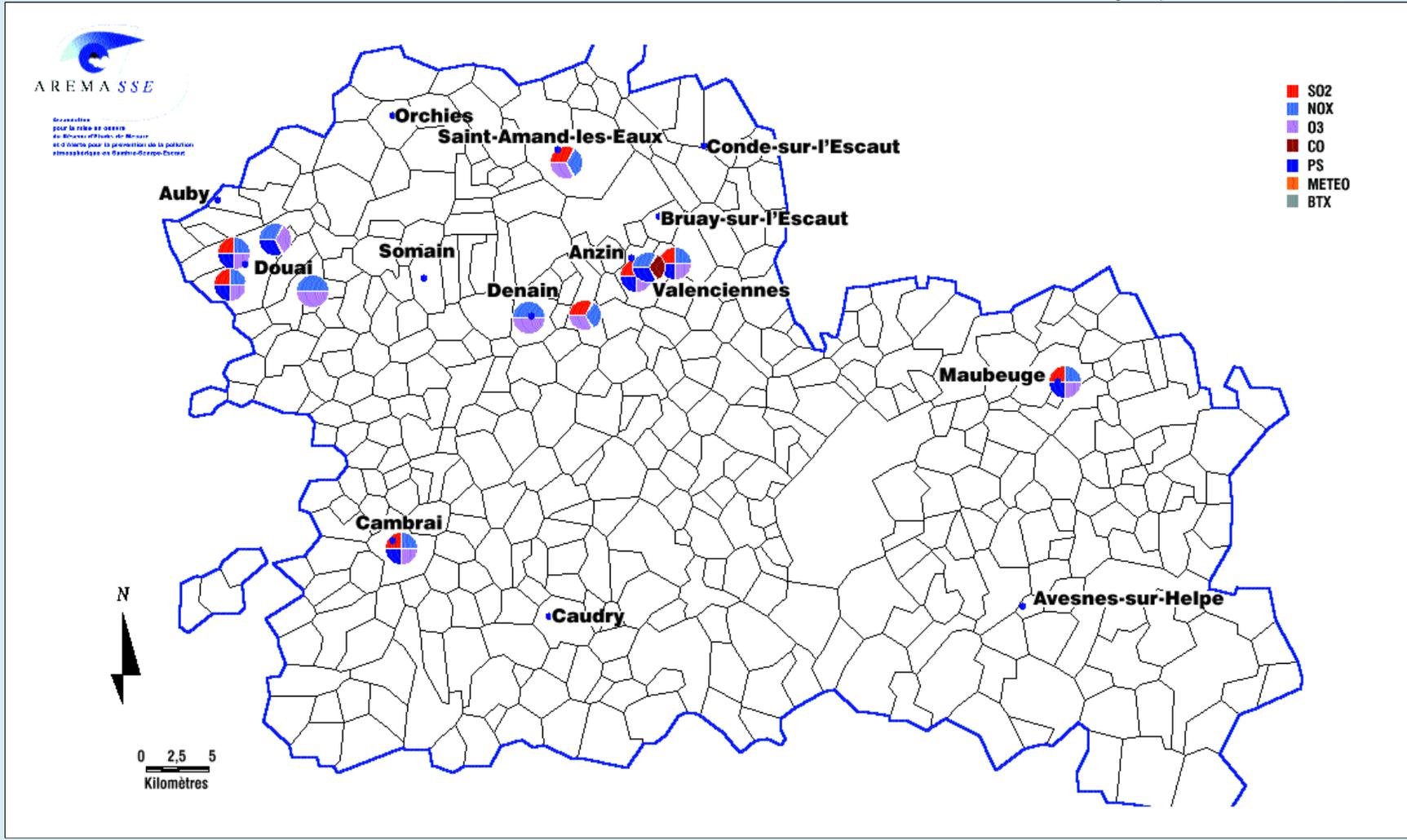
Réseau AREMARTOIS - Paramètres mesurés par stations

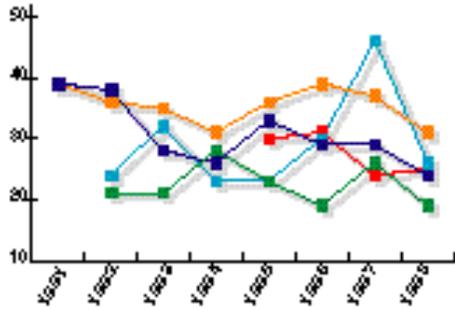
Plan Régional pour la Qualité de l'Air. © Opal'air 1999



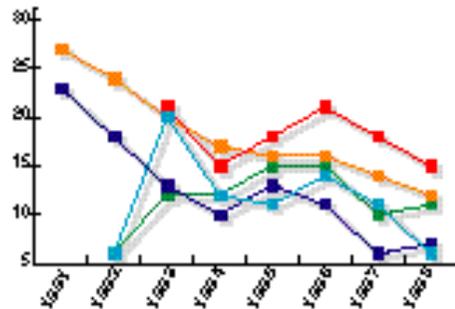
Réseau AREMASSE - Paramètres mesurés par stations (état au 01/01/2000)

Plan Régional pour la Qualité de l'Air. © Opal'air 1999

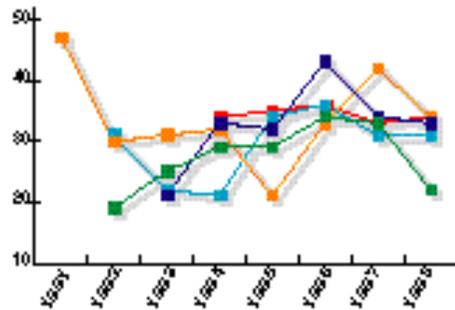




	Concentrations moyennes annuelles en µg/m ³							
	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Béthune		21	21	28	23	19	26	19
Calais	39	38	28	26	33	29	29	24
Dunkerque	39	36	35	31	36	39	37	31
Lens		24	32	23	23	30	46	26
Lille					30	31	24	25



	Concentrations moyennes annuelles en µg/m ³							
	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Béthune		6	20	12	11	14	11	6
Calais	23	18	13	10	13	11	6	7
Dunkerque	27	24	20	17	16	16	14	12
Lens		6	12	12	15	15	10	11
Lille			21	15	18	21	18	15



	Concentrations moyennes annuelles en µg/m ³							
	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Béthune		19	25	29	29	34	33	22
Calais			21	33	32	43	34	33
Dunkerque	47	30	31	32	21	33	42	34
Lens		31	22	21	34	36	31	31
Lille				34	35	36	33	34

2.2.1.2 - Bilan de la qualité de l'air

a) Les réseaux automatiques de surveillance de la qualité de l'air

Les tableaux et graphiques suivants présentent, pour les principales agglomérations de la région, l'évolution au cours des dernières années, de quelques indicateurs importants concernant les principaux polluants mesurés par les réseaux automatiques.

Poussières en suspension

Objectif de qualité de l'air :
40 à 60 µg/m³ en moyenne annuelle

Dioxyde de soufre

Objectif de qualité de l'air :
40 à 60 µg/m³ en moyenne annuelle

Dioxyde d'azote

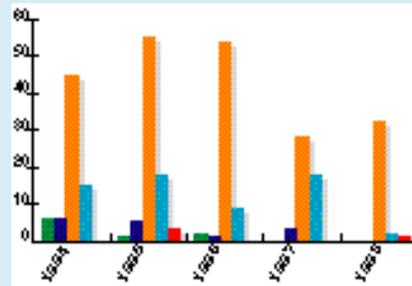
Valeur limite annuelle :
40 µg/m³ (à atteindre au 1/1/2010)

Les tableaux et graphiques suivants mettent en évidence, pour les principales agglomérations de la région, le nombre de jours ayant connu des pointes de pollution dépassant les seuils d'information de la population, au cours des dernières années.

Dioxyde de soufre

Nombre de jours où au moins une moyenne horaire a été supérieure à 300 µg/m³.

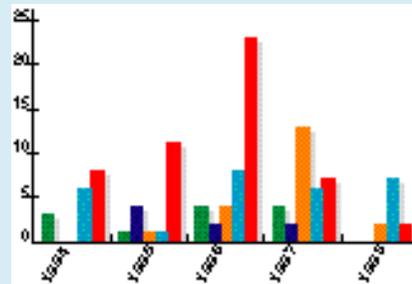
Agglomération	1994	1995	1996	1997	1998
Béthune	6	1	2	0	0
Calais	6	5	1	3	0
Dunkerque	45	55	54	28	32
Lens	15	18	9	18	2
Lille	0	3	0	0	1



Dioxyde d'azote

Nombre de jours où au moins une moyenne horaire a été supérieure à 200 µg/m³.

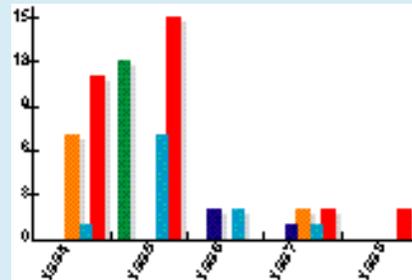
Agglomération	1994	1995	1996	1997	1998
Béthune	3	1	4	4	0
Calais	0	4	2	2	0
Dunkerque	0	1	4	13	2
Lens	6	1	8	6	7
Lille	8	11	23	7	2



Ozone

Nombre de jours où au moins une moyenne horaire a été supérieure à 180 µg/m³.

Agglomération	1994	1995	1996	1997	1998
Béthune	0	12	0	0	0
Calais	0	0	2	1	0
Dunkerque	7	0	0	2	0
Lens	11	7	2	1	0
Lille	11	15	0	2	2



Les cartes des pages suivantes font figurer les moyennes annuelles enregistrées sur l'ensemble des stations régionales, pour les principaux polluants mesurés ; elles permettent de faire ressortir les stations enregistrant les concentrations moyennes les plus élevées.

Nota : Les données de l'AREMASSE ne figurent pas sur les cartes car les stations de ce réseau ont pour la plupart démarré avant 1998. Trop peu de données sont par conséquent disponibles et une moyenne annuelle représentative ne peut pas être calculée.

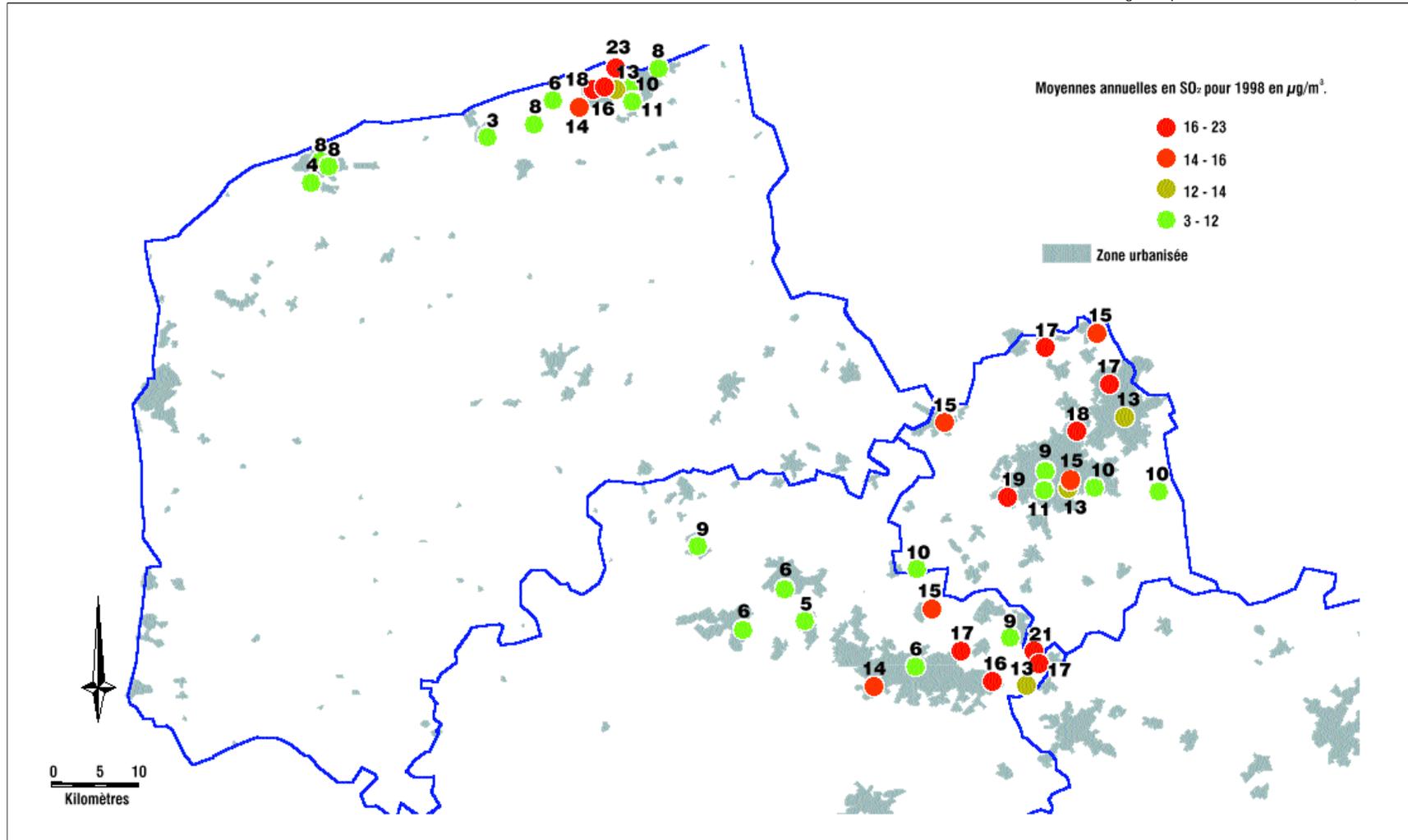
Il est important de noter que l'écart entre les valeurs représentées n'est, sur ce document, aucunement pondéré par le fait que l'on ait des stations de proximité, de fond, ou même rurales qui mesurent toutes le même polluant.

La répartition en classes figurant sur chaque carte est ajustée par rapport à des indicateurs comme la moyenne, les percentiles 75 et 90 de chaque plage de données, afin de donner une lecture la plus aisée possible du phénomène de pollution tel qu'il est mesuré au niveau régional.

Les couleurs sont uniquement représentatives de la position de la valeur que l'on a voulu représenter par rapport au reste de la plage de données. Ces couleurs ne s'inspirent d'aucune notion de seuil, légal ou sanitaire.

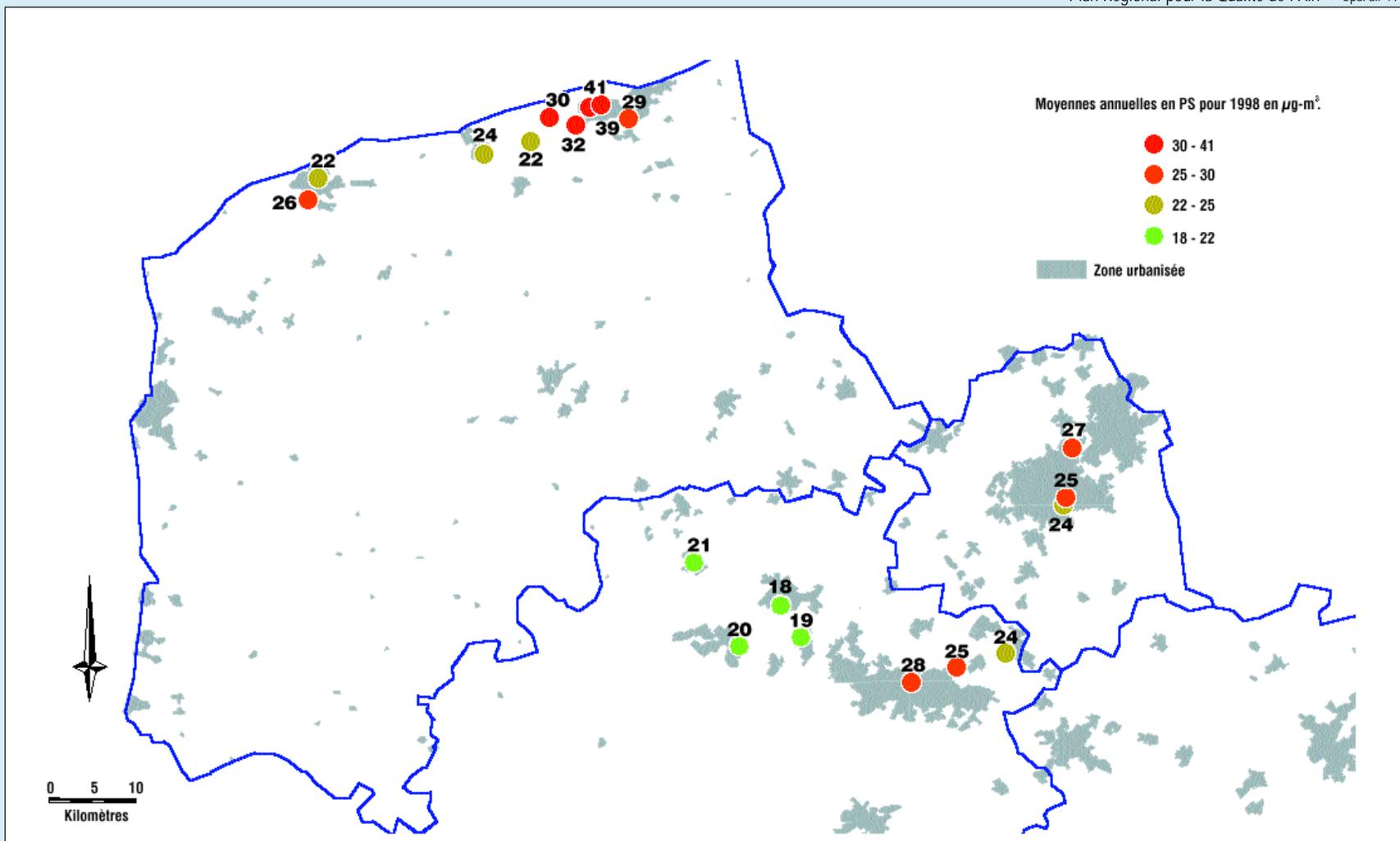
SO₂ : moyennes annuelles 1998 par stations

Plan Régional pour la Qualité de l'Air. © Opal'air 1999



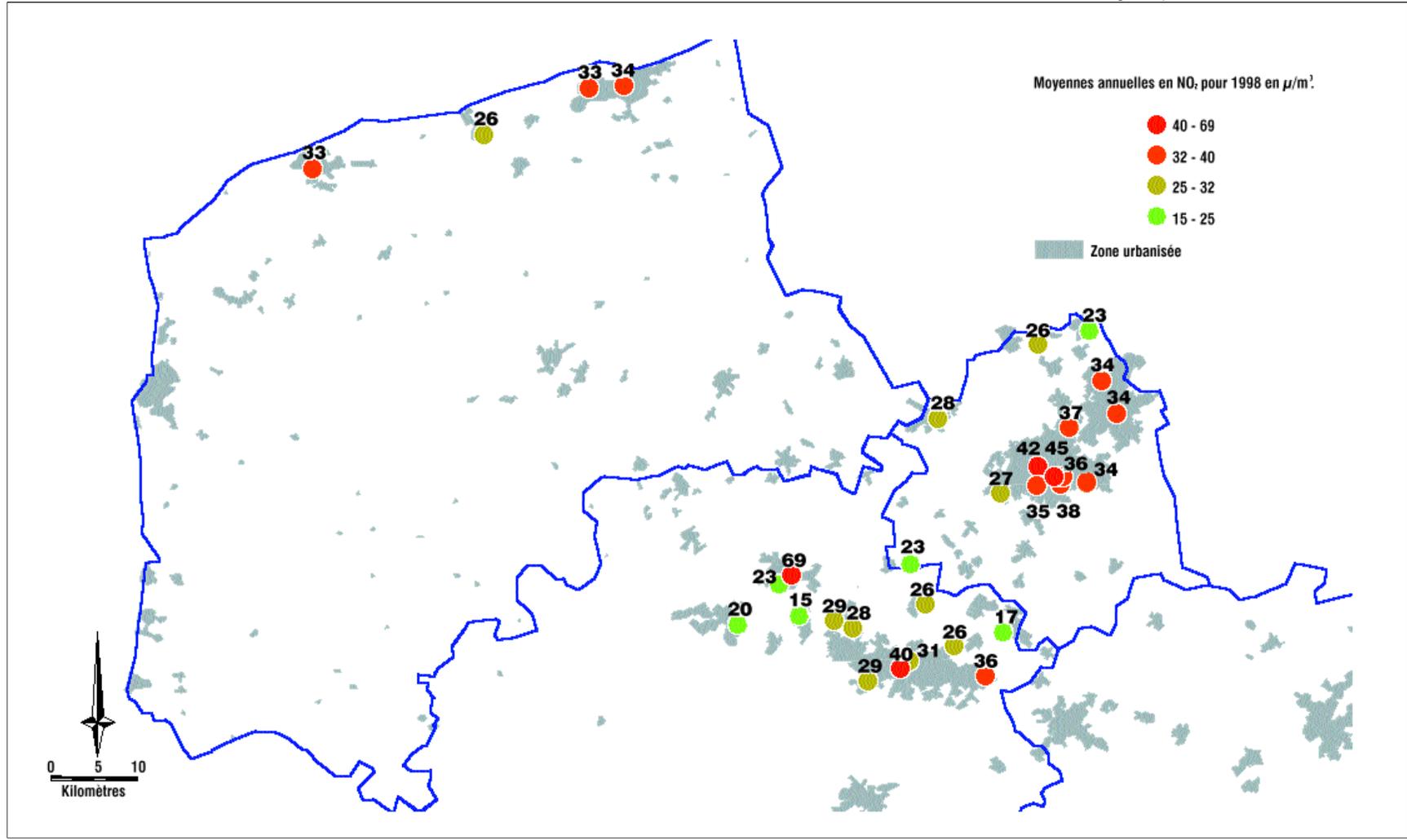
Particules en suspension : moyennes annuelles 1998 par stations

Plan Régional pour la Qualité de l'Air. © Opal'air 1999



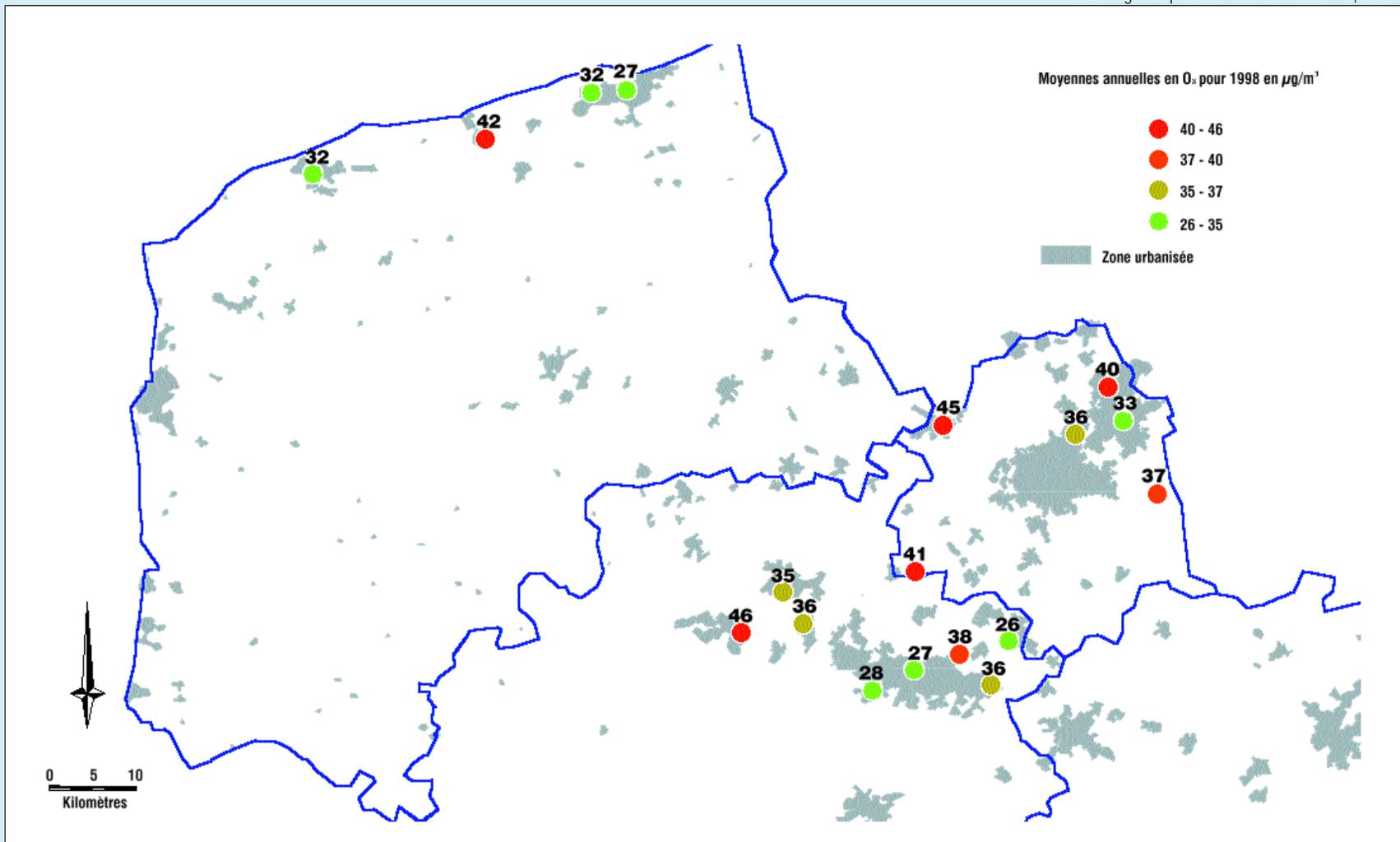
NO₂ : moyennes annuelles 1998 par stations

Plan Régional pour la Qualité de l'Air. © Opal'air 1999



Ozone : moyennes annuelles 1998 par stations

Plan Régional pour la Qualité de l'Air. © Opal'air 1999



Les cartes des pages suivantes font figurer, au niveau des principales agglomérations de la région et pour les dernières années :

- L'évolution des moyennes annuelles de l'ensemble des valeurs enregistrées,
- L'évolution de la moyenne annuelle maximale enregistrée,
- L'évolution de la moyenne annuelle minimale enregistrée.

Nota : les données de l'AREMASSE ne figurent pas sur les cartes car les stations de ce réseau ont pour la plupart démarré courant. Trop peu de données sont par conséquent disponibles et une moyenne annuelle représentative ne peut pas être calculée.

Sur certaines agglomérations, l'historique des mesures ne remonte pas jusqu'en 1991, mais seulement jusqu'à la première année où une moyenne annuelle a pu être calculée.

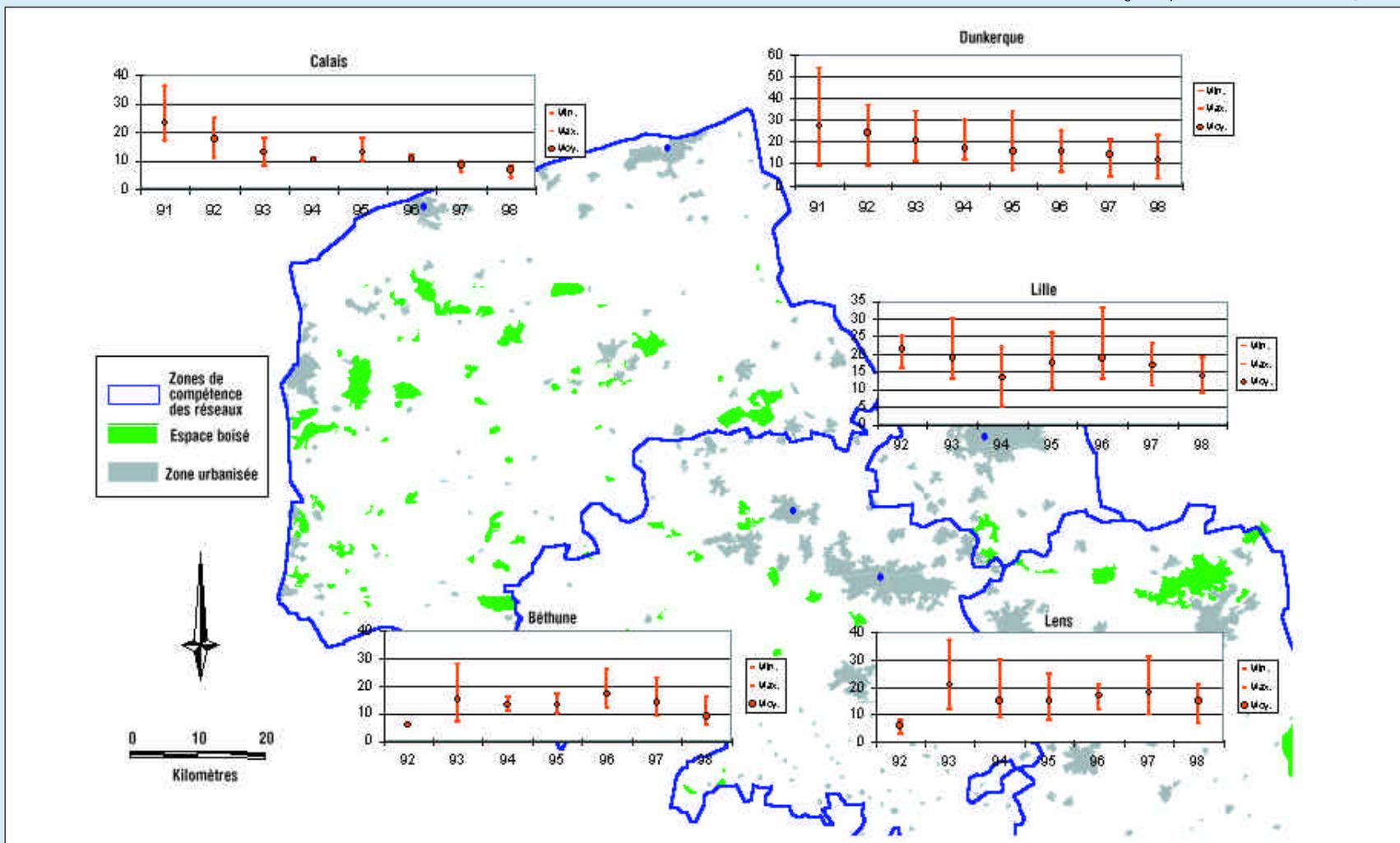
De plus, sur certaines agglomérations, on ne dispose pas de moyennes maxima et minima sur tout ou partie de l'historique, car ces agglomérations ne comportent ou n'ont comporté qu'un seul analyseur du polluant en question.

On peut également observer que l'ajout d'analyseurs sur une agglomération peut faire varier la moyenne annuelle : c'est le cas si l'on ajoute une station de proximité, qui donne des niveaux plus élevés, à une station de fond.

Enfin, l'évolution des moyennes annuelles doit être confrontée à la physionomie climatologique de chaque année pour être correctement interprétée.

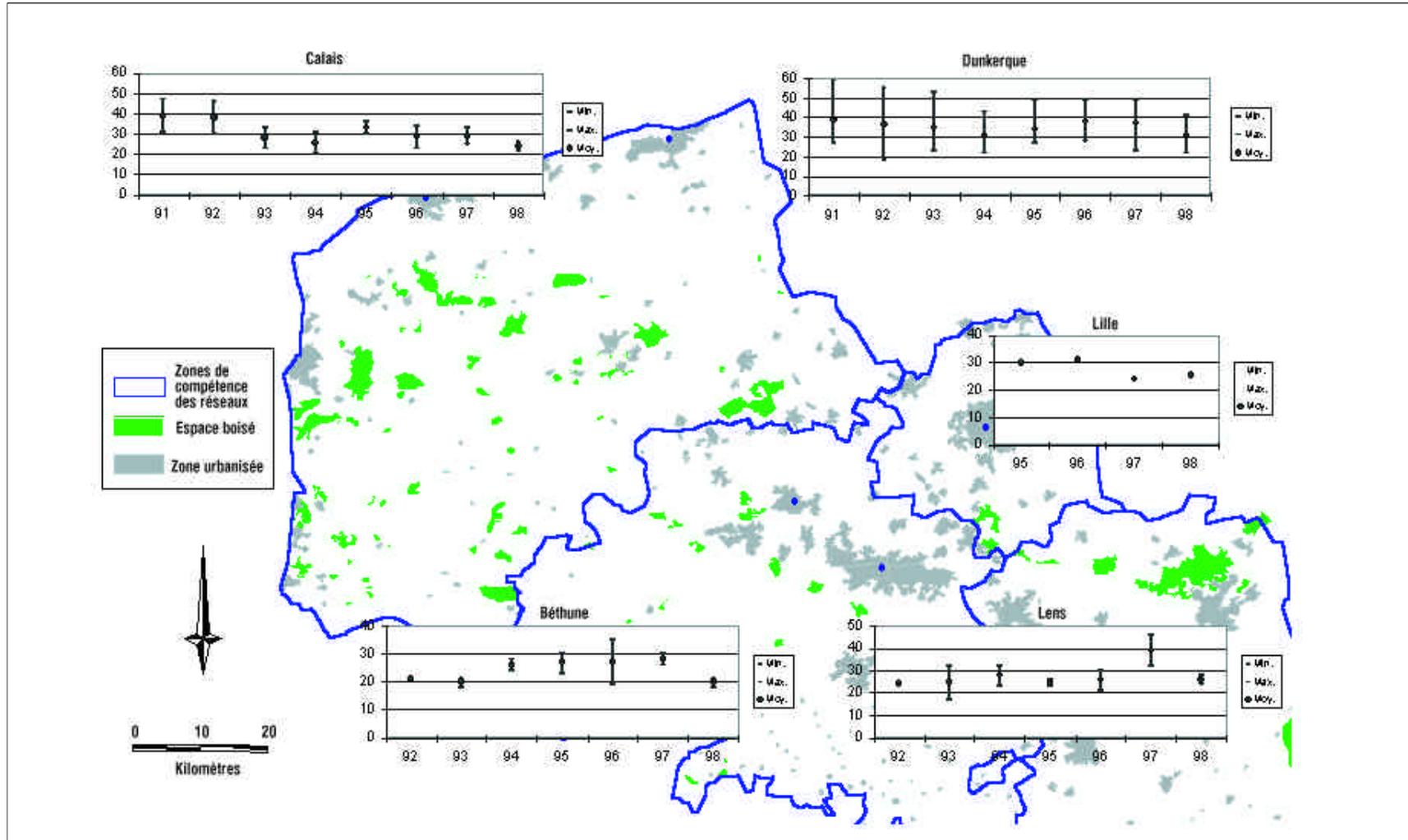
Evolution des moyennes annuelles en SO₂ par agglomérations Moyennes minimales et maximales enregistrées sur les stations de l'agglomération. Concentrations en µg/m³

Plan Régional pour la Qualité de l'Air. © Opal'air 1999



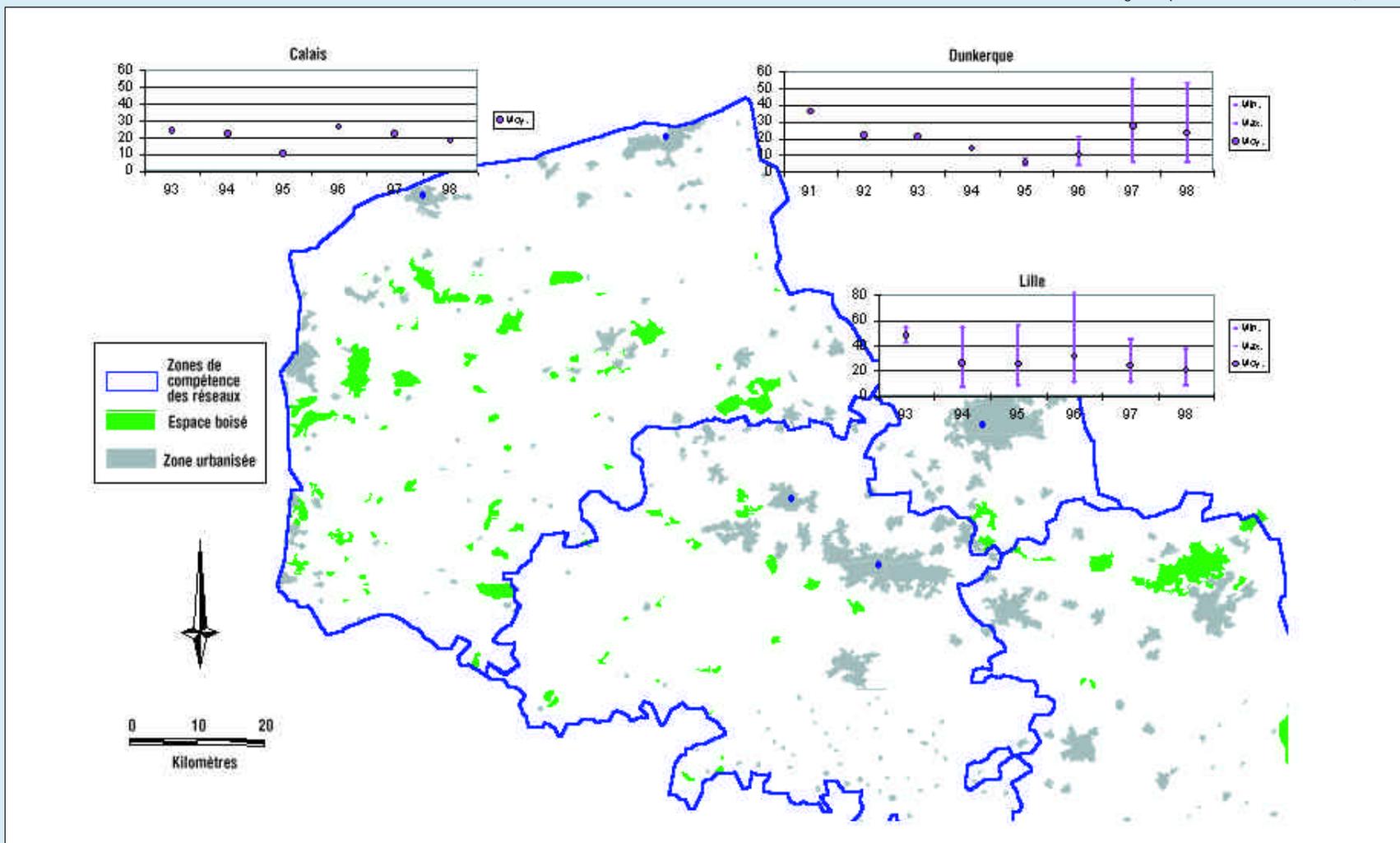
Evolution des moyennes annuelles en Particules en suspension par agglomérations
Moyennes minimales et maximales enregistrées sur les stations de l'agglomération. Concentrations en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Plan Régional pour la Qualité de l'Air. © Opal'air 1999



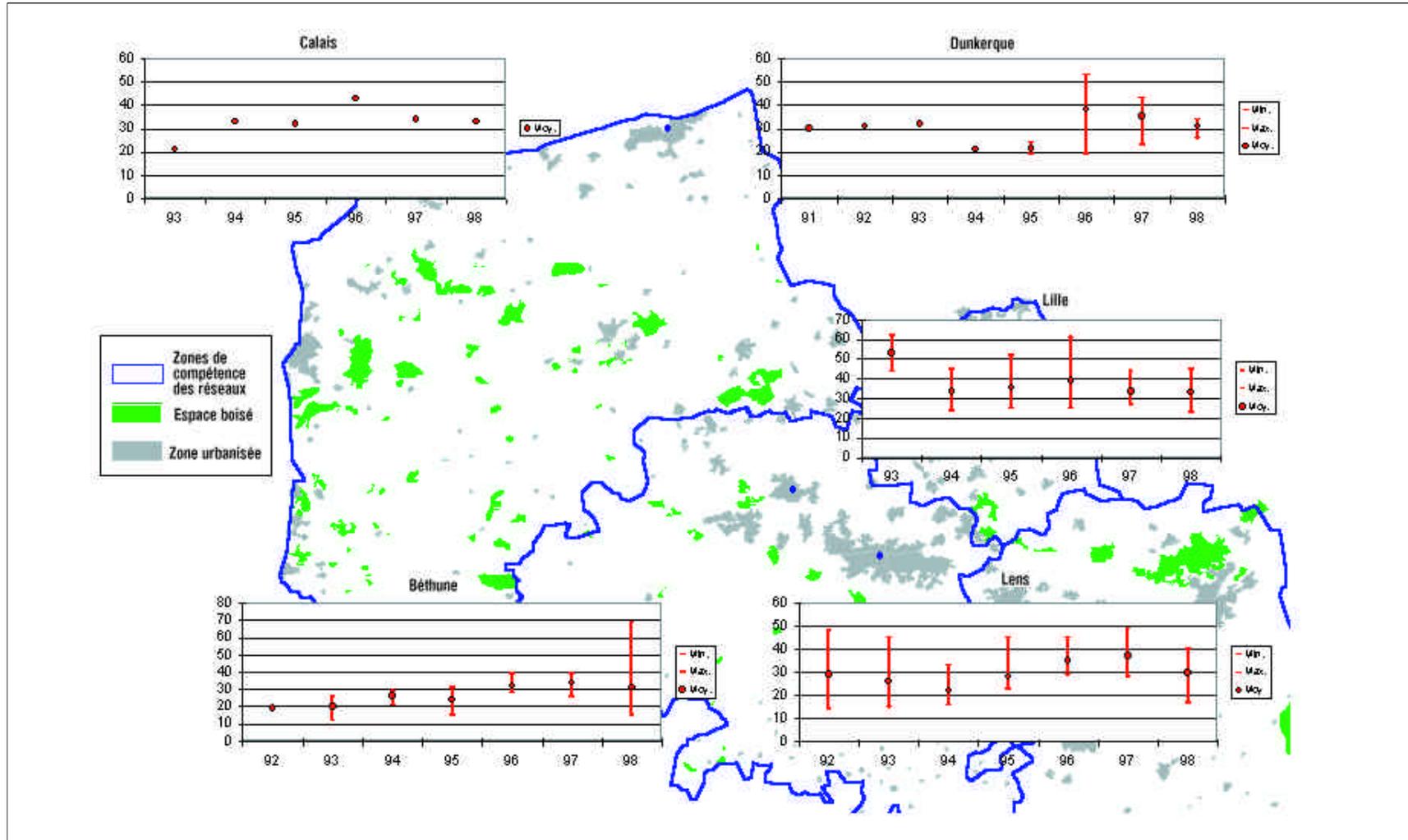
Evolution des moyennes annuelles en NO par agglomérations Moyennes minimales et maximales enregistrées sur les stations de l'agglomération. Concentrations en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Plan Régional pour la Qualité de l'Air. © Opal'air 1999



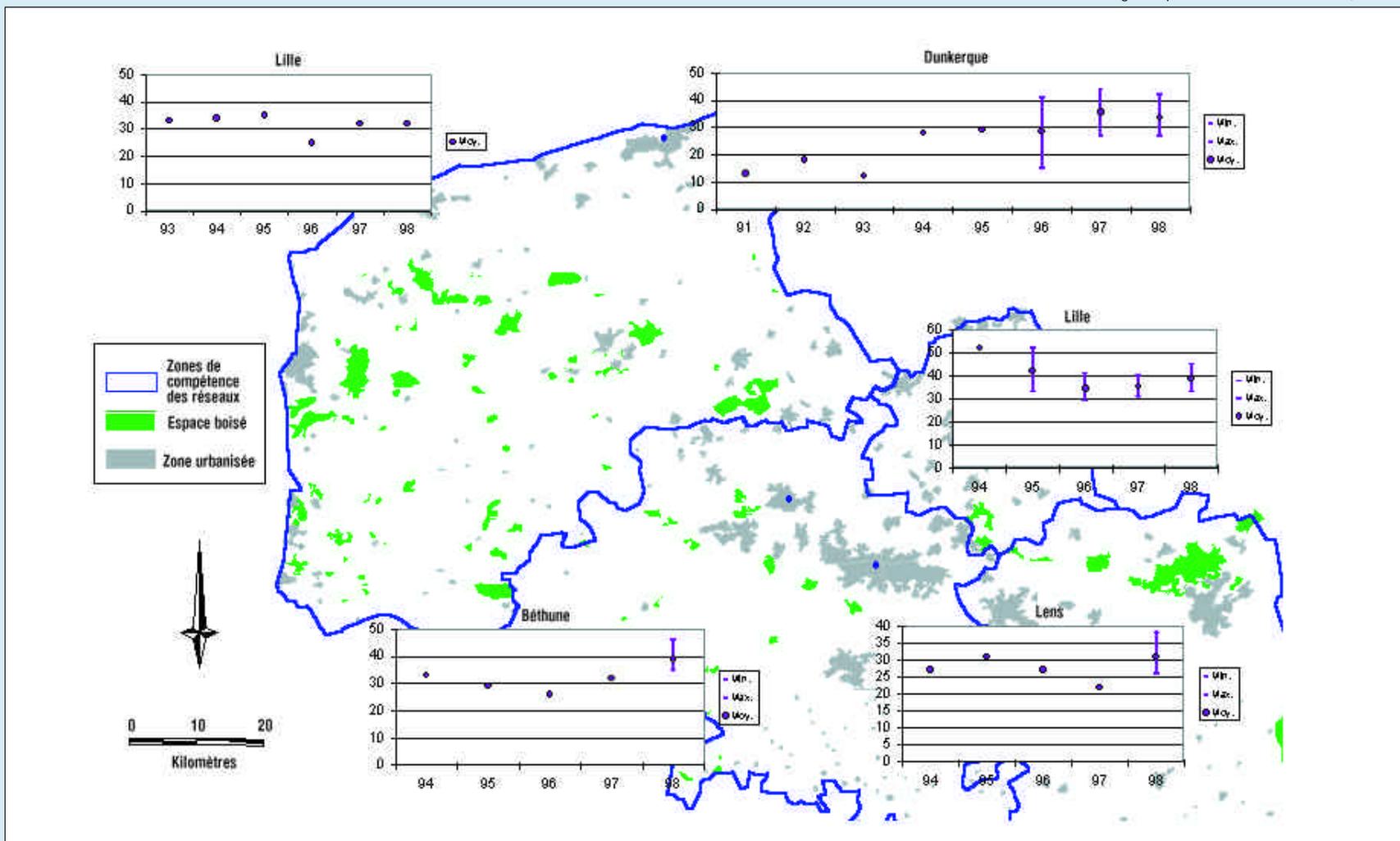
Evolution des moyennes annuelles en NO₂ par agglomérations
Moyennes minimales et maximales enregistrées sur les stations de l'agglomération. Concentrations en µg/m³

Plan Régional pour la Qualité de l'Air. © Opal'air 1999



Evolution des moyennes annuelles en O₃ par agglomérations Moyennes minimales et maximales enregistrées sur les stations de l'agglomération. Concentrations en µg/m³

Plan Régional pour la Qualité de l'Air. © Opal'air 1999



Les bilans de la qualité de l'air réalisés par les réseaux régionaux montrent que les valeurs limites actuelles concernant le dioxyde de soufre, le dioxyde d'azote, les poussières en suspension et le plomb n'ont pas été dépassées dans la région Nord - Pas-de-Calais au cours des dernières années.

Les tableaux, graphiques et cartes précédents font apparaître quant à eux :

- une diminution sensible des valeurs moyennes annuelles en SO₂, notamment sur la zone Calais - Dunkerque, au cours des 8 dernières années,
- une relative stagnation des valeurs moyennes annuelles en poussières en suspension au cours des dernières années,
- une tendance globale plutôt à la hausse concernant les valeurs moyennes annuelles en NO₂.

b) Le réseau de surveillance des métaux lourds de l'agglomération lilloise

En 1971, le Ministère de la Santé confiait à l'Institut Pasteur de Lille la responsabilité d'un réseau de surveillance de la pollution atmosphérique de l'agglomération lilloise. L'objectif était le recueil d'informations météorologiques en vue d'enquêtes épidémiologiques sur les effets de la pollution urbaine sur la santé de la population. A cette époque, les polluants observés étaient l'acidité forte, les fumées noires, auxquels se sont rapidement joints le NO₂, le SO₂, puis le plomb.

Parallèlement, la Communauté Urbaine de Lille développait un réseau automatique de plus en plus

performant, qui devait déboucher sur l'actuel réseau AREMA Lille - Métropole. Au fur et à mesure de l'installation de ces nouvelles structures, et en accord avec la DDASS et le Ministère de la Santé, l'Institut Pasteur portait progressivement son attention sur d'autres polluants peu ou pas suivis, que les ressources de son service Eaux et Environnement lui permettaient d'aborder : les métaux lourds, les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP).

Depuis maintenant deux ans, l'AREMA Lille - Métropole et l'Institut Pasteur de Lille ont établi un partenariat afin d'harmoniser la mesure de la pollution atmosphérique. En effet, de nos jours, il n'est pas encore possible de capter tous les composés des gaz. Actuellement, la majorité des réseaux n'analysent régulièrement que 4 ou 5 indicateurs de pollution, alors qu'un mètre cube d'air urbain contient des centaines de molécules, dont beaucoup de polluants qui réagissent chimiquement entre eux. Afin d'évaluer plus précisément la pollution photochimique, par exemple, il est indispensable de mesurer la présence de métaux lourds et de composés organiques volatils comme le benzo-(a)pyrène (HAP).

C'est pourquoi l'Institut Pasteur de Lille a porté son attention sur ces polluants depuis de nombreuses années. Le choix des métaux lourds avait été dicté pour des raisons de santé. Le plomb (Pb) issu des carburants est connu pour provoquer le saturnisme chez les enfants. Le cadmium (Cd) est un métal toxique qui s'accumule dans l'organisme. Le manganèse (Mn) provoque des troubles nerveux et respiratoires. Le nickel (Ni) a un pouvoir

cancérogène et allergisant reconnu. Enfin les HAP qui sont issus de combustions diverses (chauffage domestique, moteur diesel...) présentent des risques de même nature. De plus, trois de ces composés (Cd, Ni, HAP) font partie de la liste des polluants atmosphériques contenue dans la directive européenne du 27 septembre 1996.

Jusqu'en 1995, l'emplacement des stations n'a pas changé. Elles se trouvaient à Marquette, Roubaix, Loos et sur le campus de l'Institut. Les deux premières correspondent à des sites de fond tandis que les deux dernières sont à proximité d'axes de circulation importants. Depuis, les stations de Roubaix et de Marquette ont été ramenées dans les stations de Fives et Marcq avec une adaptation des polluants mesurés en fonction de la directive européenne (dosage des éléments Ni, As, V). Les métaux lourds et les HAP ne sont pas présents "seuls" dans l'air. Ils voyagent en utilisant comme support de fines particules de poussières. Le système de prélèvement consiste à faire passer l'air sur un filtre qui va arrêter les poussières. A partir des échantillons, l'Institut analyse de façon hebdomadaire le plomb, le zinc, le cadmium, le cuivre, le manganèse, le nickel, l'arsenic, le vanadium et les HAP.

Les quinze années de mesure des métaux lourds permettent de voir l'évolution des teneurs dans l'air de l'agglomération lilloise, l'ensemble des moyennes annuelles relevées pour les différentes stations étant disponible. La diminution de la teneur en plomb dans les carburants se traduit par une baisse importante des concentrations mesurées pour l'ensemble des stations, la valeur actuelle se situant au niveau de 100 ng/m³ soit 10 fois moins

qu'en 1984 pour la station Pasteur. Le zinc et le cadmium ont un comportement similaire avec une tendance à la baisse, cependant moins marquée que pour le plomb du fait de leur origine plus diffuse ; les teneurs actuelles sont respectivement de l'ordre de 120 et 1,5 ng/m³. Le cuivre présente des teneurs constantes depuis 1984 et ne semble pas évoluer de façon significative, les teneurs oscillent entre 25 et 40 ng/m³. Le manganèse a évolué à la baisse depuis 13 ans bien que depuis 1988, ses teneurs soient stabilisées ; les concentrations moyennes sont maintenant de l'ordre de 25 ng/m³. Le comportement des HAP ressemble à celui du plomb. Les niveaux les plus élevés ont été enregistrés en 1987 avec des teneurs comprises entre 35 et 50 ng/m³ ; à partir de cette date, on enregistre une diminution marquée et rapide jusqu'en 1990. Depuis les niveaux sont stabilisés entre 5 et 10 ng/m³ (pour la somme des HAP), valeur 2 à 3 fois plus faible que les niveaux mesurés en 1984. On peut penser que la stabilisation des niveaux depuis 1990 correspond surtout à un changement dans le mode de chauffage domestique (moins de fuel et plus de gaz) ainsi qu'à la forte diésélisation du parc automobile, carburant émettant des particules en suspension chargées de certains HAP. Cependant, il ne faut pas oublier que ces composés ont toujours une évolution typique avec de fortes teneurs en hiver qui s'affaiblissent l'été, les teneurs étant liées aux variations de température.

2.2.1.3 - Zones d'alerte et de Protection Spéciale

Compte tenu de l'importance des émissions de dioxyde de soufre constatées dans certaines zones de la région Nord - Pas-de-Calais, qui conduisaient à des concentrations fortes de ce polluant dans l'air ambiant, des mesures ont été prises dès les années

1970 afin soit de diminuer les émissions, soit d'en limiter l'impact sur la qualité de l'air.

La Zone de Protection Spéciale (Z.P.S.) de l'agglomération lilloise

Cette Z.P.S. a été constituée par un arrêté ministériel du 26 février 1974.

Elle regroupe les communes suivantes :

- Lille,
- Roubaix,
- Tourcoing,
- La Madeleine,
- Loos,
- Lomme,
- Haubourdin,
- Croix,
- Wasquehal,
- Wattrelos.

Les prescriptions réglementaires imposées par l'arrêté du 26 février 1974 limitent la concentration en dioxyde de soufre dans les gaz de combustion à un niveau inférieur au taux correspondant à 2 g de soufre par thermie consommée au brûleur.

Le seul combustible ne respectant pas cette imposition est le fioul lourd ordinaire (qui contient environ 4 g de soufre par thermie). En ce qui concerne le charbon, cette teneur en soufre dépend de son origine. Les charbons de l'Afrique du Sud, qui constituent actuellement une part importante de l'approvisionnement, contiennent moins de 2 g/th de soufre. Environ 250 entreprises sont concernées par l'application de l'arrêté précité.

Effets constatés

L'application de l'arrêté du 26 février 1974, à la date du 1er octobre 1974, a eu pour effet immédiat de remplacer l'utilisation du fioul lourd par les fiouls à basse voire très basse teneur en soufre. Cette substitution a entraîné sur une année une baisse de plus de 30 % des principales émissions de SO₂ du secteur.

Cette réduction s'est encore largement amplifiée depuis, puisque les émissions de SO₂ actuelles du secteur ont diminué de plus de 80 % par rapport à celles qui étaient constatées avant la mise en application de l'arrêté du 26 février 1974.

Ce phénomène s'explique cependant par l'effet conjugué de la Zone de Protection Spéciale et de la mise en œuvre de la politique nationale de réduction des gros rejets industriels, au cours des années 1980.

L'influence de la réduction de ces émissions est toutefois très visible sur les concentrations en acidité forte mesurées sur les stations du réseau "manuel" de surveillance de la qualité de l'air du Nord - Pas-de-Calais, gérées par l'École des Mines de Douai et mises en œuvre dans cette zone depuis près de 30 ans.

Le graphique ci-contre permet de mesurer cette influence depuis 1972.



La procédure d'alerte de la Zone Industriale Portuaire de Dunkerque

La zone industrielle portuaire de Dunkerque fait partie depuis 1981 des 14 zones d'alerte existant en France. Contrairement à la Z.P.S. de l'agglomération lilloise, dont les dispositions réglementaires associées s'imposent de manière permanente, la procédure d'alerte n'est déclenchée qu'épisodiquement, pour éviter les pointes de pollution importantes. Son déclenchement est en effet décidé lors de conditions météorologiques défavorables, susceptibles d'engendrer une augmentation des niveaux de pollution. Elle permet dans ce cas d'imposer aux exploitants des installations les plus polluantes de mettre en œuvre toutes dispositions utiles pour réduire la pollution qu'ils provoquent. Ceci consiste soit à utiliser des combustibles moins soufrés, soit à diminuer voire arrêter l'activité de l'installation.

Cinq industriels de la zone sont concernés par ces dispositions, qui sont intégrées dans leurs arrêtés préfectoraux d'autorisation :

- La Centrale Thermique EDF de Dunkerque,
- SOLLAC Dunkerque,
- COPENOR à Loon-Plage,
- TOTAL Raffinerie des Flandres à Loon-Plage,
- La Raffinerie BP/ELF à Dunkerque.

Chaque alerte donne lieu à une intervention de la DRIRE auprès de ces industriels. Dans chaque entreprise, une personne est plus particulièrement chargée de l'alerte et connaît les consignes à suivre.

A la suite de l'alerte, chaque exploitant transmet un compte-rendu mentionnant en particulier les quantités de fioul à basse teneur en soufre utilisées.

Dans le cadre de l'élaboration des Plans de Protection de l'Atmosphère (PPA.) des agglomérations de Dunkerque et de Lille, découlant de l'application de la loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie du 30 décembre 1996, une réflexion doit être menée sur la réactualisation des dispositions réglementaires liées à l'existence de la zone d'alerte de Dunkerque et de la Zone de Protection Spéciale de l'agglomération lilloise.

2.2.1.4 - La gestion des alertes

a) intégrer les alertes dans une véritable perspective de gestion du risque

Quelle que soit l'efficacité à court terme du dispositif d'alerte sur lequel on peut s'interroger en particulier pour les "pics d'ozone", il convient d'intégrer l'occasion que représente la médiatisation de la pollution atmosphérique pour essayer de faire passer des messages sur le long terme en jouant moins sur la peur que sur la responsabilité. En effet, tout le monde s'accorde pour constater que le risque lié à la qualité de l'air ne concerne pas le dépassement épisodique d'un seuil horaire mais l'augmentation du bruit de fond de la concentration d'ozone dans la troposphère.

On peut également s'interroger sur le mode de déclenchement des alertes. Faut-il se fier à un analyseur ou à plusieurs ? Que faire en cas d'alertes industrielles très fugitives ?

En cas de dépassement de certains niveaux d'ozone, les risques encourus par la population ne sont pas les mêmes selon les individus. Il convient donc de mettre au point des messages et des pratiques différenciés selon la sensibilité des populations.

Les enfants et les personnes âgées ou malades sont plus vulnérables à la pollution de l'air que d'autres.

On peut s'interroger sur l'opportunité de mettre en place des alertes "particules".

Celles-ci peuvent être de deux types :

- Les alertes déclenchées par un risque de réenivol de poussières sur les ports ou les terrils,
- Les alertes déclenchées lorsque les analyseurs de particules classiques (P.M.10) dépassent certains seuils.

b) La nécessaire gestion transfrontalière de la qualité de l'air

- La pollution atmosphérique n'a pas de frontières. Les études effectuées dans le cadre du programme DEFORPA sur le dépérissement forestier entre 1985 et 1993 ont montré l'importance du transport des polluants. La mise en place du réseau de mesures MERA est justifiée par la surveillance des zones situées à l'écart des sources d'émissions proches mais affectées par des transports de polluants effectués sur de longues distances. C'est l'école des Mines de Douai qui gère ce réseau implanté dans des régions rurales, à l'écart des pollutions industrielles et urbaines. Des études réalisées dans ce cadre ont mis en évidence l'importance des polluants contenus dans les eaux de pluie. En schématisant, l'apport des pollutions biogéniques (sables, éléments pédologiques) est fort dans les stations du sud de la France ; l'apport des embruns marins perturbe la chimie des eaux de pluie dans les stations occidentales, tandis que les stations orientales sont influencées par les

émissions anthropiques issues du cœur de l'Europe.

- Une collaboration technique entre les différents réseaux transfrontaliers s'impose pour la réalisation d'un cadastre des émissions nécessaire pour alimenter la modélisation, mais aussi pour la validation des analyseurs ayant enregistré des dépassements de seuils. Les échanges d'information, au sein de l'Europe, sur la qualité de l'air, ont une base réglementaire, celle de la décision du Conseil du 27 janvier 1997 qui "considère que l'établissement d'une procédure d'échange d'informations sur la qualité de l'air est nécessaire pour aider à lutter contre la pollution et les nuisances, en vue d'améliorer la qualité de vie et de l'environnement dans l'ensemble de la communauté...". L'Agence européenne pour l'environnement sert de base pour la réalisation de ce travail.

- Cependant, cette collaboration technique doit être soutenue par une volonté politique forte concernant l'information des populations et les procédures d'alerte.

L'accident de Tchernobyl de 1986 a alerté les populations sur le caractère intolérable de l'absence de concertation entre les états situés de part et d'autre de la frontière. On peut considérer qu'une telle attitude imperméable serait tout aussi insoutenable pour un épisode de pollution. En effet, spécialement pour l'ozone, on sait que les épisodes sont généralisés (cf août 1998) et que les pays frontaliers doivent répondre aux mêmes directives européennes.

- Les différents pays limitrophes, bien qu'étant les uns et les autres soumis à une même législation européenne, n'ont pas les mêmes références culturelles et politiques en matière de qualité de l'air. La France, par exemple, a une longue expérience de maîtrise des pollutions industrielles qui est passée à travers une pratique réglementaire forte.

La mise en place d'un dispositif de circulation alternée qui ne serait effectué que d'un côté de la frontière poserait de nombreux problèmes tant psychologiques que techniques. Cependant, les autorités belges, pour l'instant, refusent d'envisager un dispositif de circulation contraignant pour les épisodes de dépassement de seuils d'ozone, jugeant un tel dispositif inefficace puisque les pointes d'ozone sont toujours maximales le dimanche lorsque le trafic est réduit de 50 %. Les difficultés techniques qui pourraient surgir d'une gestion unilatérale de la circulation alternée consisteraient par conséquent à effectuer un report de pollution vers les régions limitrophes situées en dehors du périmètre de réduction de circulation.

2.2.1.5 - La bioindication dans la région Nord - Pas-de-Calais : savoir-faire et analyses territoriales

a) généralités

L'utilisation des végétaux (**bioindication, bioaccumulation et biomoniteurs**³) apparaît comme une technique complémentaire des outils traditionnels (Mesures physico-chimiques automatiques et manuelles) d'évaluation de la qualité de l'air. En effet, trois spécificités la caractérisent :

- "La bioindication végétale se situe à l'interface des mesures traditionnelles des polluants et de l'évaluation des effets biologiques des pollutions".

Aujourd'hui, se rapprocher de la notion d'exposition du citoyen à la pollution de l'air constitue une priorité pour l'ensemble des acteurs de la qualité de l'air et des politiques publiques.

- La bioindication, en utilisant les effets des polluants sur un être vivant, contribue à cet objectif.

En effet, la bioindication utilise un organisme vivant qui est exposé à un "cocktail" de polluants atmosphériques dont les composants ne sont pas tous connus. L'approche physico-chimique s'intéresse à un polluant ou à un groupe de polluants prédéterminés et en nombre limité (CO, NO₂, NO, Ozone, COV, Particules fines...). Par conséquent, l'approche biologique s'intéresse aux polluants pris dans leur globalité, y compris les polluants aujourd'hui non mesurés par les systèmes de mesure classiques automatiques ou manuels. Cette spécificité fait de cette méthode un atout potentiel concernant l'évaluation de l'exposition des êtres vivants à la pollution de l'air et se distingue par conséquent de la mesure physico-chimique des polluants atmosphériques.

- La bioindication permet de sensibiliser plus facilement la population aux problèmes de la pollution de l'air :

³ **Bioindicateur** : Organisme particulièrement sensible à la pollution atmosphérique prise dans sa globalité ou à un polluant donné. Cette spécificité se manifeste par des effets visibles et spécifiques.

Biomarqueur : Il se situe au niveau infra-individuel, avant même que des manifestations visibles apparaissent.

Biomoniteur : Ce concept concerne une population ou une communauté. On suit alors, à plus au moins long terme, l'évolution d'un écosystème.

La troisième spécificité réside dans l'aspect information des populations. Il est, en effet, plus facile d'observer les effets de la pollution atmosphérique sur les végétaux que d'analyser une série de données chiffrées. A titre d'exemple, lorsque l'on utilise le tabac (BEL W3), il est alors simple d'observer sur les feuilles l'ensemble des nécroses (tâches blanc ivoire puis noir) attribuées aux effets de la pollution photochimique (Cf. photographie ci-contre). **La bioindication est alors un outil de sensibilisation des populations à la pollution atmosphérique, et se prête bien aux animations pédagogiques.**



Feuille de tabac
nécrosée
par une pollution photochimique.

- **L'utilisation de la bioindication est relativement peu coûteuse, et repose sur une infrastructure assez souple (J-P Garrec - 1997) :**

- La mise en place d'un réseau de plantes bioindicatrices ou l'utilisation des lichens présentent l'avantage d'être peu coûteuses puisqu'il s'agit de matériels vivants faciles à installer ou déjà en place.

b) Savoir-faire régionaux

La région Nord- Pas-de-Calais possède un certain nombre de savoir - faire en matière de bioindication n'existant que dans très peu de régions françaises :

- Le département de Botanique de la Faculté des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques de Lille met au service de la région ses compétences "recherche" en la matière, et s'insère au sein d'un réseau informel national et européen.

- L'Éducation Nationale dispose d'un réseau d'enseignants formés à la bioindication lichénique (environ 50).

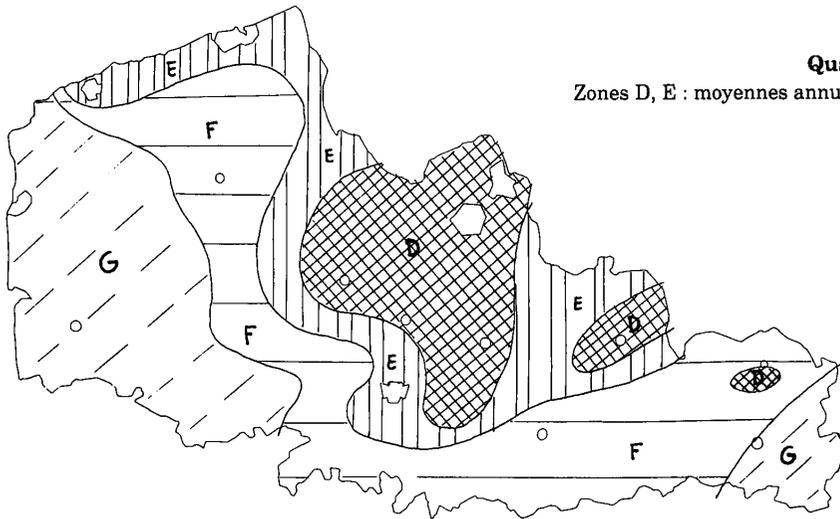
Ces diverses compétences ont permis de réaliser un certain nombre d'études sur le territoire régional.

- Cartographie régionale de la qualité de l'air menée en 1973 et en 1992 par Chantal Van Haluwyn

Deux cartographies de la qualité de l'air ambiante ont été réalisées en 1973 et 1992 par C. Van Haluwyn (Cf. Cartes page suivante). La méthode repose sur une échelle de valeurs établie par C. Van Haluwyn et M. Lerond (1986).

Qualité de l'Air dans le Nord-Pas-de-Calais en 1973 :

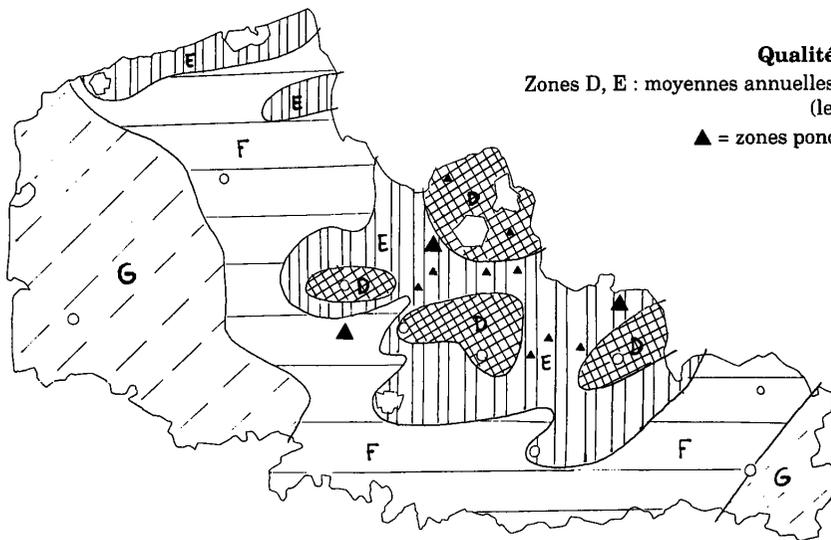
Zones D, E : moyennes annuelles en $SO_2 > 30 \text{ mcg/m}^3$ - Zones F, G : moyennes annuelles en $SO_2 < 30 \text{ mcg/m}^3$
(les zones D regroupent les niveaux A, B, C, D).



Qualité de l'Air dans le Nord-Pas-de-Calais en 1992 :

Zones D, E : moyennes annuelles en $SO_2 > 30 \text{ mcg/m}^3$ - Zones F, G : moyennes annuelles en $SO_2 < 30 \text{ mcg/m}^3$
(les zones D regroupent les niveaux A, B, C, D)

▲ = zones ponctuelles de niveau F - ▲ = zones ponctuelles de niveau G



- Les enseignements⁴ :

Par rapport à la situation de 1973, la diminution des rejets atmosphériques industriels a eu pour conséquence :

- Un éclatement du secteur BCD témoignant d'une amélioration de la qualité de l'air entre le Nord de la métropole Lilloise et le Sud du bassin minier,
- Une nette amélioration de la qualité de l'air dans le bassin de la Sambre,
- L'apparition de poches, peu étendues, de niveau F ou G dans la zone E correspondant à de véritables niches écologiques (Marais de Santes, Rieulay, Marchiennes, Amaury, Forêt de Raismes, Saint Amand, et vallée de la Sensée) pouvant nécessiter une protection spécifique. En effet, ces sites constituent de véritables réserves de diaspores de lichens en vue d'une recolonisation future du milieu environnant.

- Cartographie dynamique réalisée à l'initiative du Rectorat du Nord - Pas-de-Calais 1996 - 1999

Depuis 1996, le rectorat du Nord - Pas-de-Calais a mis en œuvre une cartographie dynamique de la qualité de l'air grâce aux lichens bioindicateurs. La carte de la page suivante a été établie entre 1996 et 1999. La méthode utilisée est la même que précédemment mais le maillage du territoire est plus fin (maille de 2,5 /3,5 km) et fait donc appel à de nombreux participants (environ 50 enseignants).

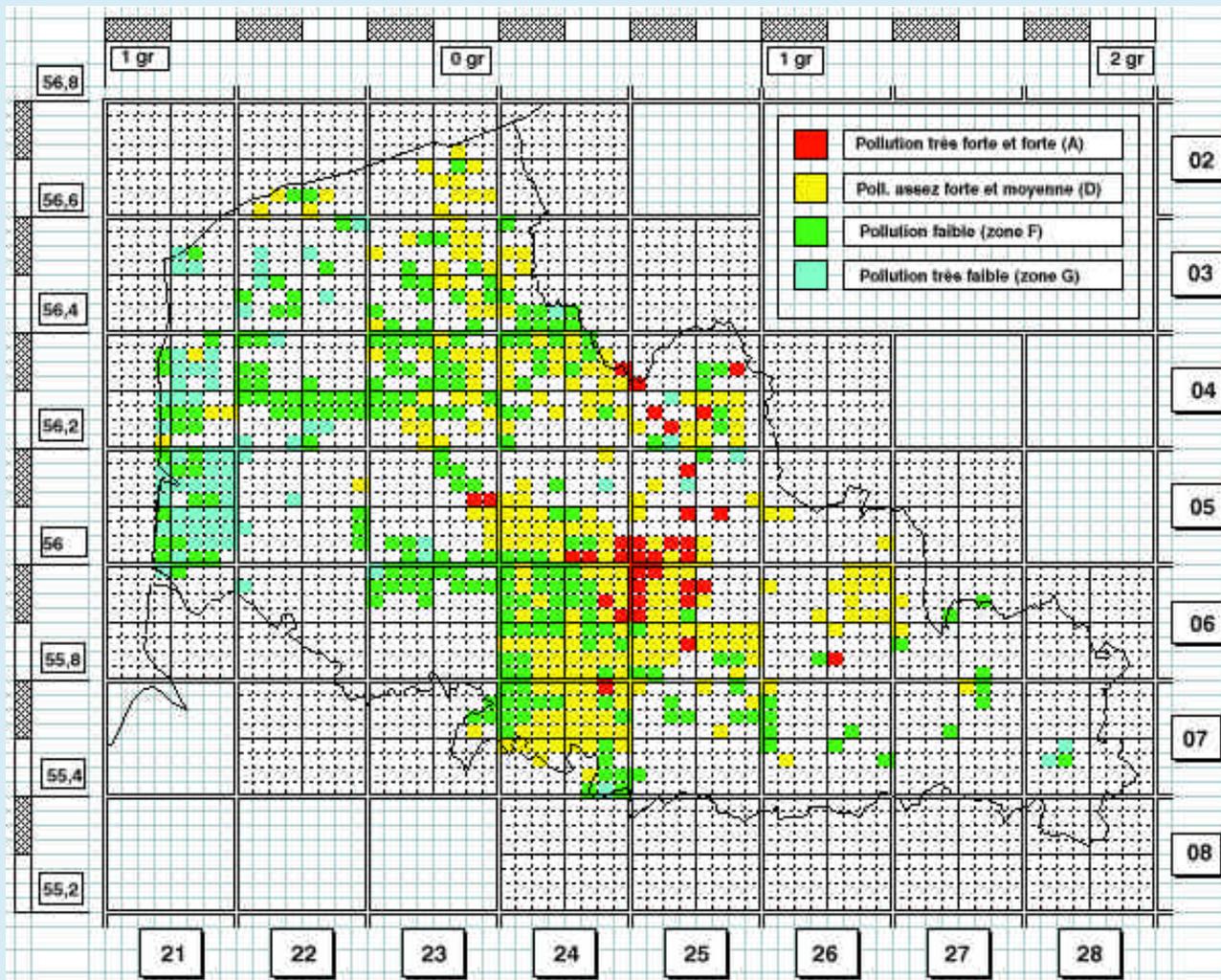
- Les enseignements⁵

- La comparaison de cette carte avec les cartes précédentes montre que les zones géographiquement réduites F et G au sein de la zone E s'étendent et se multiplient en relation avec une amélioration de la qualité de l'air.
- Les disparités territoriales au sein des différentes zones sont nombreuses (véritables "sauts" de zones B à F), montrant l'importance des pollutions de proximité (sites industriels), et des effets de panache.
- Certaines mailles ne peuvent pas faire l'objet d'analyses puisque elles ne possèdent pas d'arbres.

⁴ Van Haluwyn C. - La bioindication de la pollution atmosphérique par les lichens dans la région Nord - Pas-de-Calais - 1993 - Air Pur 45, pages 23 à 27

⁵ J-P Gavériaux. - Résultats de la campagne régionale - Mars 1999, site internet personnel

Cartographie dynamique de la qualité de l'air établie grâce aux lichens bioindicateurs entre 1996 et 1999



En conclusion, l'utilisation de la bioindication, du biomonitoring ou de la bioaccumulation apparaît comme complémentaire des réseaux de mesure automatique de la qualité de l'air. Les études menées dans la Région Nord - Pas-de-Calais le démontrent. En effet, celles-ci permettent :

- D'apprécier la qualité de l'air à l'échelle régionale (Cf. Cartes régionales de C. Van Haluwyn et J - P Gavériaux),
- De s'intéresser à des polluants n'étant pas encore mesurés,
- De réaliser des investigations sur des sites qui ne sont pas encore étudiés.

2.2.1.6 - Les pollens

Source : M. MACQUET, 1996, Les pollens et leur méthode de recueil, Air Pur 51, pages 26 à 32.

La présence de grains de pollens dans l'air est un phénomène naturel ; cependant, les pollens sont susceptibles de provoquer chez l'homme et chez l'animal des manifestations pathologiques, dont le

mécanisme de survenue est différent de celui des polluants atmosphériques. En effet, ils n'agissent pas en fonction d'une toxicité de nature physique ou chimique, mais par des mécanismes de nature allergique.

a) Les principales familles de pollens

Chaque espèce végétale possède des grains de pollen d'aspect différent, ce qui permet de les identifier. Les principales familles de pollen en cause dans les manifestations pathologiques dans le Nord - Pas-de-Calais sont :

- **Les pollens de graminées** : les pollens de graminées sont les pollens allergisants les plus répandus ; ils représentent la cause la plus fréquente de sensibilisation pollinique. Ils sont représentés par l'avoine, le brome, le dactyle, la phléole, la flouve, la houque... La pollinisation est longue, les allergies croisées fréquentes.

- **Les pollens d'herbacées** : **ambrosie**, ortie et **pariétaire**, plantin, chénopode, armoise, oseille, petite oseille,...

- Les pollens d'arbres et arbustes :

- Bétulacées (**BOULEAU**, aulne, noisetier, charme),
- Cypéracées (**cyprès**)
- Oléacées (**frêne**, troène),
- Platanacées (**platane**)
- Salicacées (saules, peupliers),
- Tiliacées (tilleul)
- Fagacées (chênes, châtaignier, hêtre)
- Moracées (mûrier)
- Ulmacées (orme)

b) La mesure des pollens en France et dans la Région Nord - Pas-de-Calais

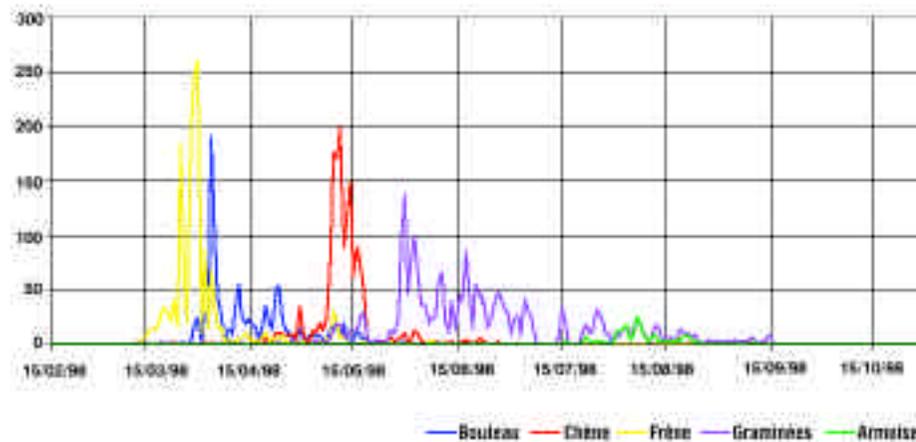
Il existe, en France, un réseau de 42 stations (1999) de recueil de pollens, coordonnées par le Réseau National de Surveillance Aérobiologique (RNSA). Notre région possédait jusqu'en 1997 deux points de mesure à Lens et à Lille. Aujourd'hui, il ne reste plus qu'un seul capteur situé à Lille. Les capteurs sont le plus souvent situés dans les villes, où la charge pollinique est la plus importante.

Les données recueillies permettent :

- d'identifier les pollens en plus grand nombre,
- de compter le nombre de grains de pollen par station (en grains/m³/7 jours sur une échelle de 0 à 2000) (**on peut avoir des totaux supérieurs à 4000 gr/m³/7J**)
- de déterminer un indice allergénique sur une échelle de 0 à 5, reflétant le risque pour les personnes sensibles.

Il existe trois grandes saisons polliniques (Cf. calendrier pollinique de Lille en 1998 ci-contre) :

Station de Lille - Période du 15/02/98 au 31/10/98



- La saison précoce est représentée par la pollinisation des arbres, elle est hiverno-printanière. La pollinisation des bétulacées est généralement la plus importante.
- La grande saison pollinique est représentée par la pollinisation des graminées qui débute fin mai, et s'étale jusque fin septembre. Les pollens de graminées sont extrêmement allergisants (indice 5) et représentent la cause principale du rhume des foins. Le plantain et l'oseille pollinisent également à cette période.
- La saison tardive estivo-automne est représentée par la pollinisation de l'armoise.

Ces saisons polliniques sont décalées dans le temps en fonction du climat et plus spécifiquement des différences de température. Elles démarrent plus tôt dans la France méridionale.

Le profil de pollinisation est légèrement différent d'une année à l'autre. La surveillance apparaît donc nécessaire.

Les données agglomérées des pollens sont disponibles sur Minitel : 36 15 code écran - santé, ou sur internet : www.rnsa.asso.fr

c) Le rôle pathogène des pollens

Le **caractère allergisant** des grains de pollen est lié notamment à :

- **leur petite taille** : ils pénètrent facilement dans les voies aériennes supérieures et dans les bronches,
- **leur densité dans l'atmosphère** : elle est massive en période pollinique.

Les **conditions météorologiques** influent sur la quantité de pollen présent dans l'air ambiant : le temps sec et ensoleillé favorise une pollinisation massive, alors qu'une pluie importante diminue nettement la libération des pollens et les rabat sur le sol.

Par ailleurs, la pollution de l'air augmente le pouvoir allergisant des pollens. C'est ainsi que l'on a noté au Japon une plus grande fréquence des sensibilisations aux pollens de cèdre le long des axes routiers.

Les phénomènes allergisants sont également augmentés par une certaine sensibilité individuelle : polysensibilisation, voire réaction croisée avec certains aliments (exemple : bouleau et pomme).

d) Les principaux facteurs responsables d'une augmentation de pollens dans l'atmosphère

- La déforestation et l'accroissement du nombre de routes augmentent la quantité de graminées.
- L'utilisation des insecticides défavorise la reproduction des plantes à fleurs pollinisées par les insectes et augmente donc la proportion des pollens anémophiles allergisants.
- Les aménagements paysagers urbains utilisent souvent des essences particulièrement allergisantes (bouleaux, platanes, trènes, mûriers).
- L'imperméabilisation excessive des sols (routes...) ne retient plus les grains de pollen dont le temps de circulation est allongé,
- L'utilisation excessive d'engrais a favorisé le développement de graminées nitrophiles.

e) Les recommandations

Paysagistes : limiter la plantation d'espèces allergisantes (bouleau, cyprès).

Équipement et urbanisme : faucher les bords de route avant la maturation des plantes, notamment des graminées.

Les personnes sensibles : éviter d'ouvrir les fenêtres par temps ensoleillé.

2.2.1.7 - Les autres facteurs influençant la qualité de l'air dans la région Nord - Pas-de-Calais

Outre les émissions atmosphériques, la topographie et la climatologie sont des facteurs influençant particulièrement la qualité de l'air :

a) Relief : le Nord - Pas-de-Calais, une terre de contact

Le Nord - Pas-de-Calais est caractérisé par sa ligne de contact entre Haut (120 - 200 m) et Bas - pays (0 - 50 m), s'étendant de l'Ouest / Nord - Ouest au Sud / Sud - Est. Cette ligne constitue les bombements de l'Artois qui s'affaissent dans leurs parties centrales à Bapaume.

Le relief de ce haut et bas pays est très peu marqué et par conséquent favorise la dispersion des polluants.

Il existe cependant, en Flandres, quelques buttes, peu élevées (environ 100 m), que sont les monts Noir, des Cats, Rouge, Kemmel et Cassel pouvant avoir une incidence sur la dispersion des polluants (Cf. cartes de bioindications lichéniques régionales).

b) Climatologie :

Le climat océanique caractérise la région Nord - Pas-de-Calais :

Le climat de la région Nord - Pas-de-Calais est mal perçu, synonyme de froid, de pluie, de brouillard... C'est plutôt l'absence de contraste climatique saisonnier marqué qui caractérise le climat de la région : doux et humide dans sa globalité. Les températures maximales estivales dépassent le seuil de 30° de manière exceptionnelle, ce qui contribue à franchir la région d'un certain nombre de pointes d'ozone. Nous ne nous attacherons dans la description du climat qu'à faire ressortir quelques caractères dont les répercussions sur la qualité de l'air sont manifestes.

Les facteurs climatiques influençant la qualité de l'air (Cf carte page suivante)

- **Les vitesses de vent sont rapides sur l'ensemble de la région** (5 ms⁻¹), assurant une bonne dispersion des polluants. Cependant, les vents forts rabattent des panaches de fumées des usines vers les habitations voisines qui peuvent pâtir d'une pollution de proximité. La fréquence des vents forts diminue quand on s'éloigne de la mer.

- **Les précipitations sont bien réparties durant l'année** (900 mm par an dans le Haut - Pays, 687 mm par an à Lille). Le Haut Artois apparaît comme le véritable château d'eau régional. Plutôt que le volume précipité, c'est la fréquence des jours pluvieux qui caractérise la région puisqu'il pleut en moyenne un jour sur deux à Lille. Les stations régionales affichent plutôt un maximum de

précipitations en juillet et en août, ce qui représente un élément favorable à la limitation des épisodes de pollution photochimique estivale. Toutefois, les mesures effectuées dans les jauges Owen⁶ montrent la charge forte des précipitations en particules d'origine anthropique ou biogénique. Cette charge a tendance à diminuer quand on s'éloigne du littoral.

- **La faiblesse de l'insolation** : Lille affiche la plus faible insolation de France (1504 heures). Là encore, cet élément limite certainement la constitution de smogs photochimiques en dépit de la longueur du jour estival à ces latitudes élevées. Malheureusement, pour l'instant, peu de mesures du rayonnement solaire (UVB ou UVA) sont effectuées par Météo-France dans la région.

- Le nombre élevé de jours de brouillard (69 jours) peut être à l'origine de la constitution d'aérosols de toutes natures.

Par temps anticyclonique stable, des phénomènes climatiques locaux apparaissent : les brises thermiques.

Les brises de mer (La pollution de l'air - Document APPA 1999)

Elles sont générées par le contraste thermique existant entre la terre et la mer. Le jour, sous l'effet du rayonnement solaire, la terre se réchauffe plus vite que la mer : une brise de mer est ainsi créée, soufflant de la mer vers la terre, pouvant rabattre tout polluant émis en bordure du littoral. Cette brise apporte vers l'intérieur fraîcheur et humidité qui

contribuent ainsi à limiter la formation de l'ozone sur le littoral.

La nuit, le phénomène s'inverse car la terre se refroidit davantage que la mer : il se forme alors une brise de terre soufflant de la terre vers la mer.

Ce type de circulation de l'air affecte les basses couches de l'atmosphère ; il est donc à prendre en compte dans les modèles de dispersion des fumées industrielles.

Les brises de campagnes

Elles sont plus hypothétiques et plus difficiles à mettre en évidence compte - tenu de la difficulté de mesurer le vent en ville, puisque les constructions freinent et canalisent l'air.

Cependant, l'air de la ville est plus chaud que l'air de la campagne voisine. Cet îlot de chaleur urbain crée un gradient thermique qui peut induire des brises locales. C'est ainsi qu'à Paris, de fortes concentrations de polluants ont pu être mises en évidence dans les quartiers où la température est la plus élevée.

Les investigations menées par l'UFR de Géographie (I. Roussel, C. Kergomard, C. Duchesne, Y. Charabi - 1997) ont permis d'identifier l'îlot de chaleur urbain de la Métropole Lilloise. Cet îlot est éclaté en deux noyaux : l'un correspond au centre de Lille, l'autre à la zone de Roubaix-Tourcoing. Les écarts de température établis entre centre et périphérie sont de 1 à 2°C.

⁶ Pluviomètre qui recueille les dépôts humides (wet only) ou humides et secs qui sont ensuite analysés selon une périodicité donnée (quinze jours, un mois ou un trimestre).

Description des zones climatiques

Moyennes climatiques sur la période
1961 - 1990 (pluie) ou 1961 - 1988 (température)

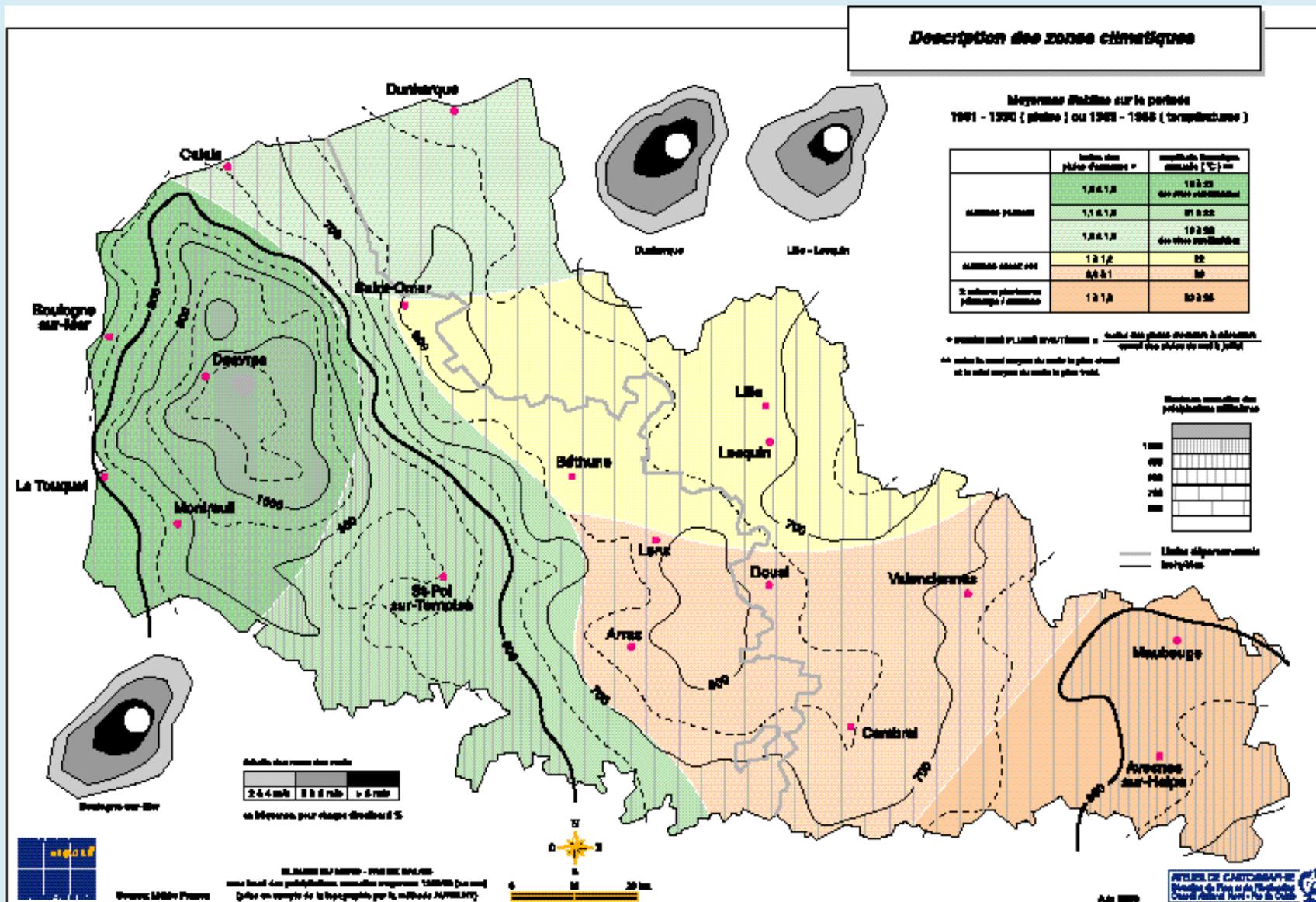
	indice des pluies d'automne *	amplitude thermique annuelle (°C) **
climats océaniques	1,0 à 1,2	10 à 20 des côtes atlantiques
	1,1 à 1,3	11 à 22
	1,2 à 1,3	10 à 20 des côtes méditerranéennes
climats continentaux	1 à 1,2	20
	0,8 à 1	30
2 valeurs pluviométriques pluies / automne	1 à 1,3	10 à 25

* indice des pluies d'automne = somme des précipitations à sécheresse
septembre - février de mai à juillet
** selon la somme moyenne du soleil la plus élevée
et la plus basse du soleil la plus faible.

Barèmes annuels des
précipitations millimétriques



----- limite départementale
----- isohyète



Un phénomène bien particulier : les inversions de température

Ce sont des phénomènes bien particuliers où la stabilité de l'air est particulièrement importante puisque l'atmosphère, au lieu de se refroidir avec l'altitude, se réchauffe jusqu'à un certain niveau appelé niveau d'inversion. Ce niveau constitue une discontinuité thermique empêchant les polluants de se disperser, formant ainsi un véritable couvercle. Plus l'inversion est basse, plus les polluants se concentrent dans les basses couches de l'atmosphère. Malheureusement, on ne dispose pas dans la région de mesures d'altitude permettant de quantifier le phénomène d'inversion thermique.

Conclusion

En dépit de fortes émissions de polluants, la région Nord - Pas-de-Calais dispose d'éléments orographiques et climatiques assurant une bonne dispersion des polluants. Si ces conditions sont salutaires d'un point de vue sanitaire, elles posent le problème de l'équilibre climatique de la planète puisque certaines pollutions émises peuvent demeurer plusieurs années dans l'atmosphère.

2.2.2 La pollution à l'intérieur des locaux

Dans le cadre d'un plan régional pour la qualité de l'air, l'étude de la pollution à l'intérieur des locaux est incontournable compte tenu de l'aspect global de l'évaluation des risques sanitaires liés à la pollution. Cependant, les effets de la pollution à l'intérieur des locaux sont mal connus compte tenu de la diversité des aérocontaminants potentiels, et de la difficulté de l'identification des conséquences sanitaires dont ils sont responsables. Les investigations menées sur ce champ dans la région Nord - Pas-de-Calais sont encore faibles et fragmentaires. Seuls le radon et le monoxyde de carbone font l'objet, actuellement, d'un suivi régulier.

En ce qui concerne le radon, les mesures actuelles montrent que ce gaz ne constitue pas un polluant majeur sauf à proximité de certains anciens puits de mines (Cf. étude menée par la CRII-RAD en 1996 pour le Conseil Régional Nord - Pas-de-Calais).

Dans le contexte régional, l'intoxication au monoxyde de carbone représente le risque majeur lié à la pollution intérieure des locaux. Le monoxyde de carbone (CO) (Cf. partie 1) représente sans doute le danger le plus sérieux de la pollution atmosphérique en général. Le CO, à forte dose, est ce que les américains appellent un tueur. C'est la première cause d'accident domestique mortel en France. Rien que pour Paris et sa proche couronne, le Laboratoire Central de la Préfecture de Police a dénombré 241 décès et 4 222 intoxications ayant

entraîné l'hospitalisation au cours des dix dernières années (1987-1997). La région du Nord occupe la première place dans ce triste palmarès. Cette intoxication affecte souvent un individu isolé ou un groupe (famille) mais elle peut aussi se présenter sous la forme d'épidémie : 350 personnes intoxiquées en trois jours en 1993 dans la région Nord - Pas-de-Calais. Ce problème est récurrent dans la région, puisque cela concerne plus de 1000 personnes chaque année.

Ce sont les mois d'hiver qui sont les plus redoutables (novembre, décembre et janvier) : on observera cependant un rebond en avril (tirage insuffisant couplé à un fonctionnement au ralenti de l'appareil).

Aspects régionaux

Pour le monoxyde de carbone, un recensement des intoxications les plus graves (passage au CHR de Lille) est opéré par le Réseau de Surveillance des Intoxications par le Monoxyde de Carbone Nord - Pas-de-Calais - Picardie. Un suivi post-intoxication est assuré par les DDASS du Nord et du Pas-de-Calais. Le graphique de la page suivante dresse le bilan de ce suivi au cours des dernières années.

Les mois durant lesquels les cas d'intoxications sont les plus nombreux sont les mois d'automne (septembre - novembre), qui sont ceux de la remise en route des chauffages. Des cas plus ponctuels peuvent survenir durant le printemps en cas de froids tardifs.

Des corrélations ont été calculées entre les cas d'intoxication et les variables météorologiques d'une part et la concentration en CO extérieur d'autre part. Il en ressort qu'aucun des coefficients calculés n'est significatif.

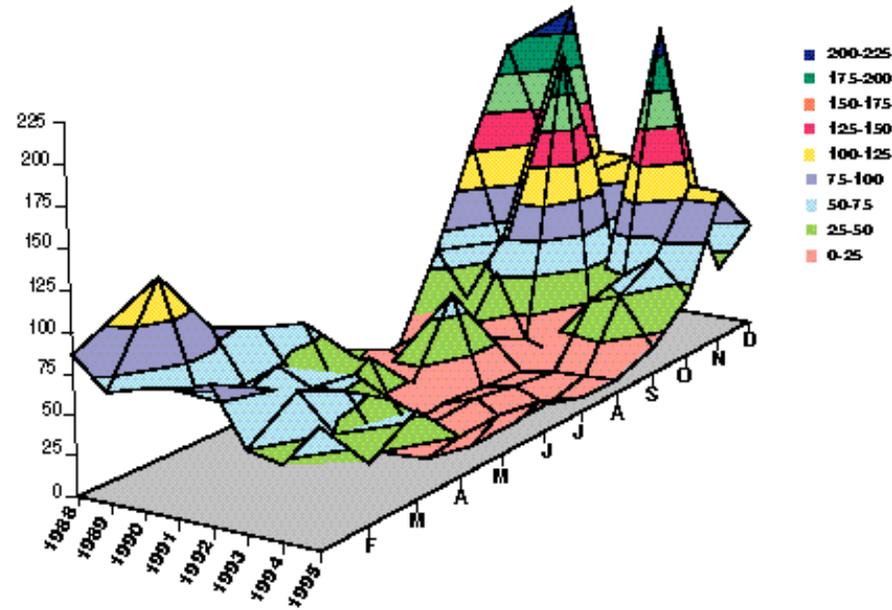
Il existe certes des conditions climatiques pouvant favoriser l'augmentation de CO intérieur (redoux, chute des températures : cf. Jacquelot 1998). Cependant, les causes des intoxications sont multifactorielles et comprennent de très nombreuses composantes.

L'importance de cette question dans la région Nord - Pas-de-Calais justifierait des études complémentaires. Il est possible de souligner la responsabilité des moyens de chauffage utilisés. En effet, dans la région, la tradition minière explique encore le grand nombre de chauffages au charbon. En outre, la diffusion du chauffage électrique, spécialement dans les logements étudiants, encourage les habitants, pour minimiser les coûts, à utiliser un chauffage d'appoint. Compte tenu de la proximité de la Belgique où le pétrole lampant est meilleur marché, des poêles d'appoint sont utilisés dans des logements hermétiquement calfeutrés.

Les nombreuses campagnes d'information mises en œuvre n'ont pas porté les fruits nécessaires. Sans doute, en raison de l'importance du problème, conviendrait-il de s'interroger sur la mise en place d'une prévention pertinente.

Les intoxications au monoxyde de carbone enregistrées au CHU de Lille 1988-1993

Variations annuelles et mensuelles du nombre de cas d'intoxications au CO
(Données Centre Antipoison)



II.3 Conséquences sanitaires

de la pollution de l'air dans la région Nord - Pas-de-Calais

Le poids des conséquences sanitaires liées à la pollution de l'air dépend à la fois de l'importance des populations implantées dans des zones à risque, et de la part des sujets dits "sensibles" dans cette population.

2.3.1 Les populations sensibles dans le Nord - Pas-de-Calais

2.3.1.1 - Caractéristiques démographiques

- la population globale de la région est de 4.012.444 habitants (estimation INSEE au 01/01/1998), répartis comme il est indiqué sur la carte de la page suivante,

- les personnes âgées de plus de 60 ans représentent 705.077 habitants soit 17,5% de la population. La répartition géographique (cf carte pages suivantes) fait apparaître un taux plus élevé de personnes âgées dans les zones à dominante agricole.

- les enfants de moins de 4 ans sont au nombre de 261.307 soit 6,5% de la population. Leur localisation géographique est donnée par l'une des cartes des pages suivantes. Ils présentent une sensibilité plus grande à la pollution extérieure et intérieure.

Cette part de la population est plus importante dans notre région que dans le reste du pays.

2.3.1.2 - Affections sensibilisant à la pollution de l'air

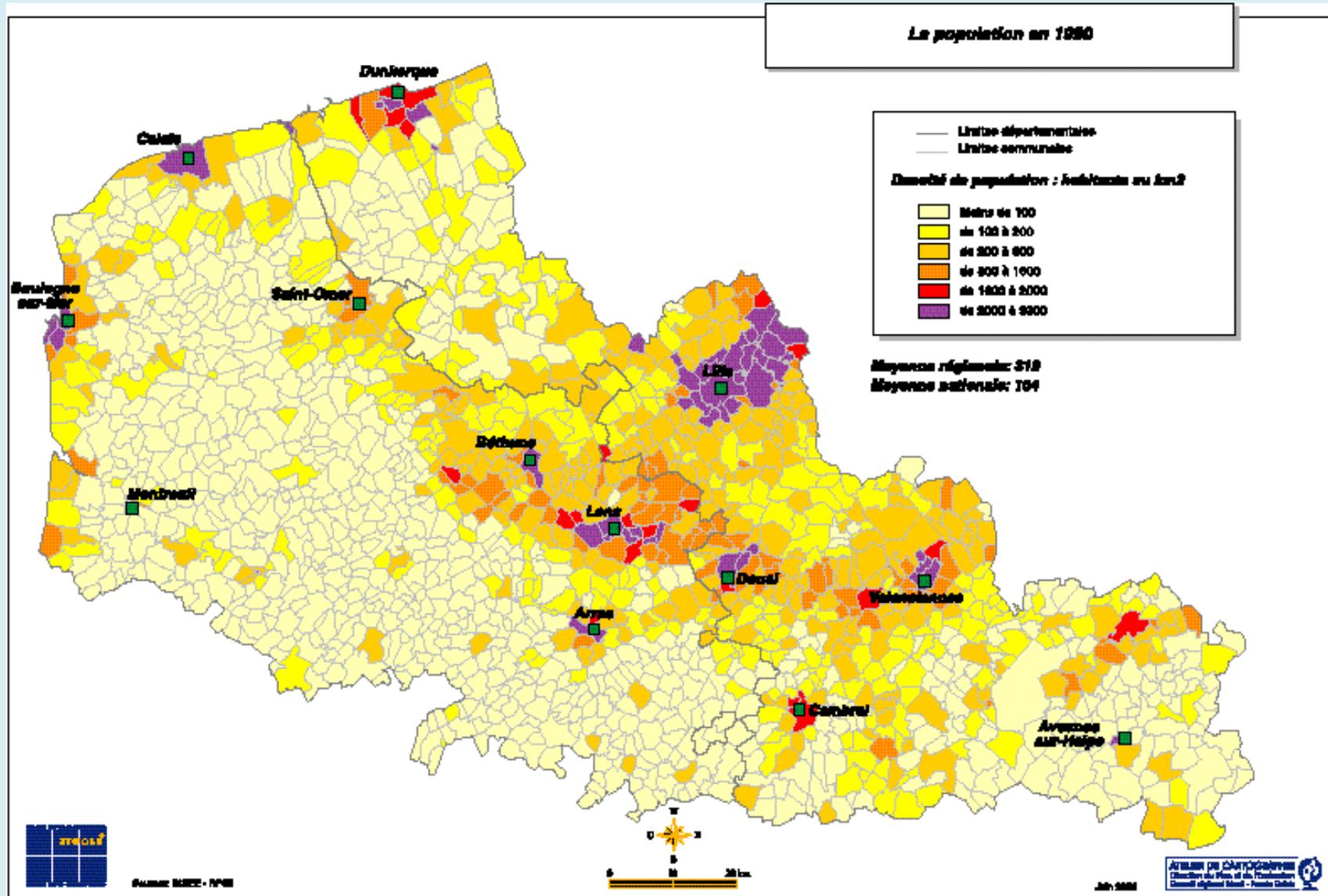
Les affections respiratoires sont particulièrement fréquentes dans la région du Nord de la France. Il n'existe pas d'évaluation précise de la morbidité respiratoire, mais l'indice comparatif de mortalité (I.C.M.) concernant les maladies respiratoires révèle une surmortalité très importante : I.C.M. de 170,2 chez l'homme et de 126,8 chez la femme, l'indice national étant de 100 (données ORS).

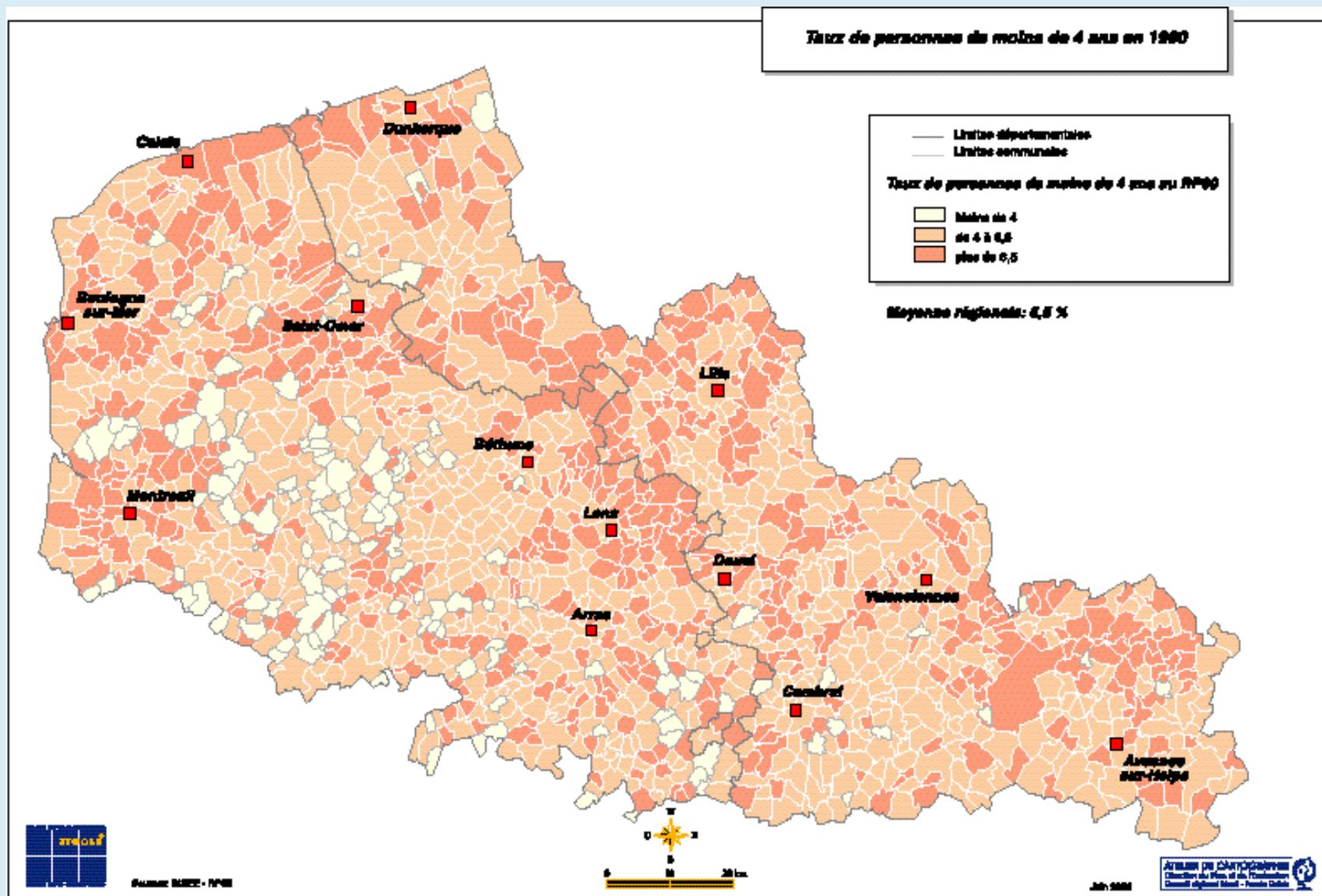
Les insuffisants respiratoires chroniques graves, nécessitant une oxygénothérapie de longue durée ou une assistance respiratoire à domicile, dont on connaît la fragilité aux polluants de l'air, sont nombreux. Ils sont pris en charge par différentes structures, associatives (Santély's respiration, ADAIR,...) ou commerciales (Vitalair, Orkyn,...). La répartition

régionale des insuffisants respiratoires apparaît sur la carte page 104.

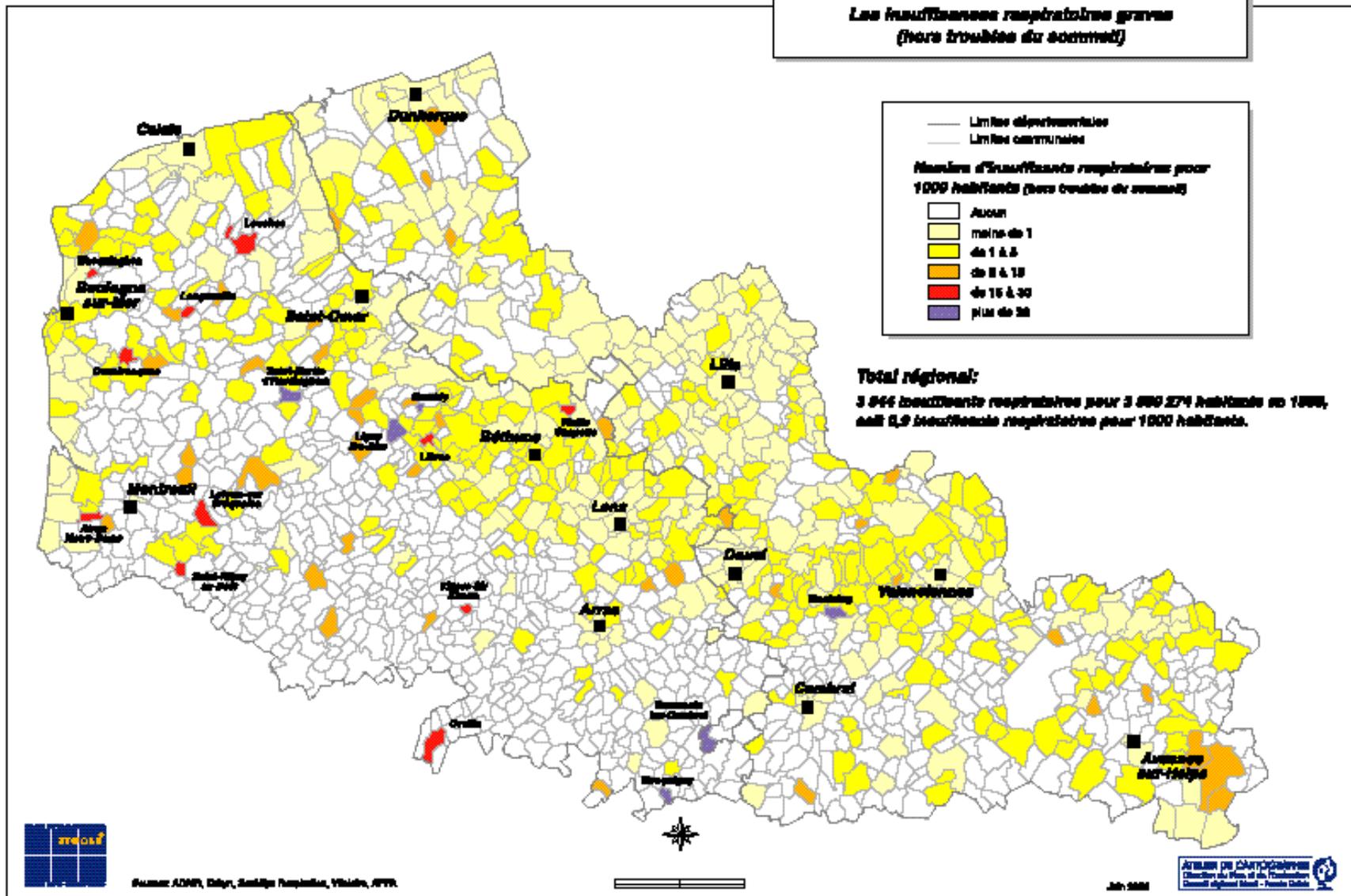
Il existe un nombre élevé de sujets atteints de maladies respiratoires professionnelles, en raison de l'orientation minière et industrielle de la région. On y compte 12.144 mineurs de charbon atteints de silicose, répartis en majorité sur le territoire de l'ancien bassin minier (voir carte page 105, constituée à partir de données relatives aux silicosés et aux ayants-droits (veuves) ; ces derniers sont supposés résider dans les mêmes communes que les silicosés décédés) et 987 sujets atteints d'asbestose répartis principalement sur les secteurs de Dunkerque (267), Valenciennes (285), Lens (199) et de la métropole lilloise (114), du fait de la présence de chantiers navals et d'industries qui ont longtemps utilisé l'amiante.

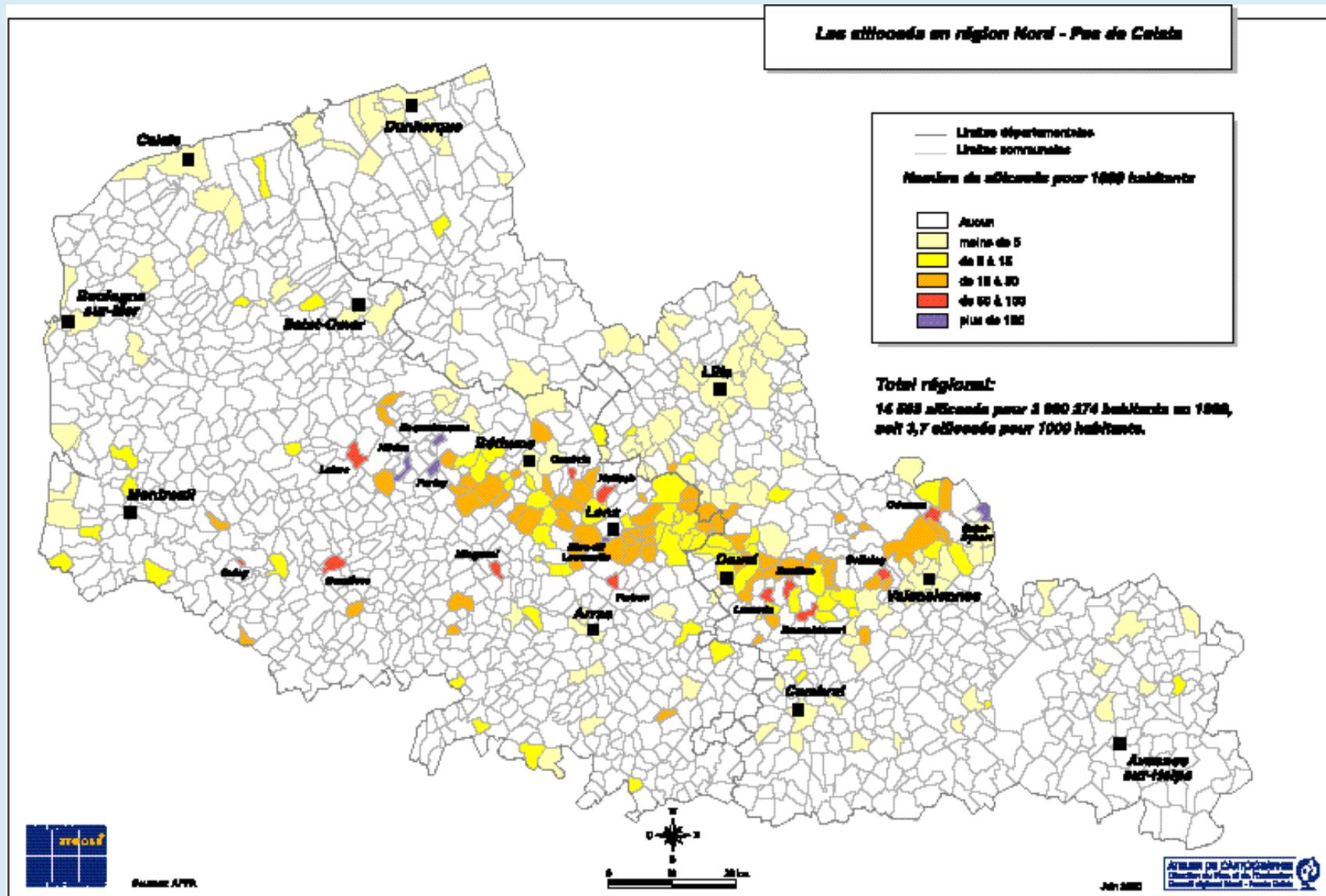
En ce qui concerne les asthmatiques, leur nombre n'est pas connu dans la région. Ces personnes, du fait de leur pathologie, peuvent être considérées comme de véritables sentinelles des effets de la pollution atmosphérique sur la santé. Il semble indispensable qu'à terme, une enquête soit menée afin d'en connaître leur nombre et leur répartition géographique.





**Les insuffisances respiratoires graves
(hors troubles du sommeil)**





2.3.2 Evaluation des effets de la pollution de l'air sur la santé

2.3.2.1 - Pollution extérieure

La connaissance des effets de la pollution de l'air sur la santé est encore fragmentaire dans la région Nord - Pas-de-Calais. Les documents dont nous disposons actuellement concernent exclusivement les effets à court terme, que plusieurs enquêtes ont permis d'approcher. Les effets à long terme n'ont fait jusqu'à présent l'objet d'aucune recherche spécifique.

a) Les premières enquêtes

A partir de 1975, plusieurs enquêtes ont été menées pour situer l'impact de la pollution atmosphérique extérieure sur la santé, à l'initiative du Comité Régional du Nord - Pas-de-Calais de l'Association pour la Prévention de la Pollution Atmosphérique (A.P.P.A.).

A Denain-Quiévrechain⁽⁸⁾ ont été étudiées les relations entre le nombre quotidien d'arrêts de travail pour affections respiratoires aiguës et les niveaux quotidiens de l'acidité forte et des fumées noires : une liaison significative a été mise en évidence entre ces deux séries de paramètres.

A Lille, en 1978-1979^(9,10), une relation significative a également été établie entre les affections respiratoires aiguës relevées en médecine de ville et le niveau moyen journalier de fumées noires à J-1, et de l'acidité forte à J-2.

A Dunkerque, une enquête⁽¹¹⁾ de même type, menée par des omnipraticiens, a montré, après analyse par régression linéaire, une liaison significative entre le nombre quotidien d'affections des voies aériennes supérieures et les variations de niveau des fumées noires, de l'acidité forte, du SO₂ spécifique, du NO et du NO₂, et des hydrocarbures totaux.

Ces trois enquêtes ont utilisé une méthodologie épidémiologique moins performante et des moyens de calcul statistique moins élaborés que ceux dont nous disposons actuellement : leurs résultats sont cependant cohérents avec les données recueillies aujourd'hui. Elles ont eu le mérite d'attirer l'attention des responsables régionaux de la protection de la santé, et de susciter la mise en place de réseaux de surveillance automatique de la qualité de l'air.

b) Les enquêtes récentes

b1) En 1992-1993, le Comité Régional de l'A.P.P.A. et l'O.R.S., avec le soutien du secrétariat permanent pour la prévention des pollutions industrielles (S.P.P.P.I) et le concours du réseau de mesure AREMADEC, ont mis en place une enquête sur la santé respiratoire des enfants sur le littoral Calais-Dunkerque.

Cette recherche comportait deux volets :

- Une étude transversale menée sur 1161 enfants de CM.1, scolarisés dans trois secteurs, à niveaux de pollution par le SO₂ et les PM₁₀ classés respectivement de faible, modéré de type urbain, et élevé de type industriel. Il n'a pas été constaté de différence significative entre ces trois secteurs en ce qui concerne la prévalence de l'asthme et de la toux chronique, des affections des voies

respiratoires inférieures au cours des 12 derniers mois, et de l'allergie cutanée vis-à-vis de Dermatophagoides Pteronyssinus, acarien très répandu dans les locaux d'habitation.

Par contre, il a été noté une diminution significative du volume expiratoire maximum par seconde (V.E.M.S.) chez les enfants scolarisés dans la zone industrielle, ce qui témoigne d'une atteinte de la fonction respiratoire. Cette diminution était de 1% par tranche d'augmentation du niveau de SO₂ de 10 µg/m³. Les résultats obtenus pour les PM₁₀ ne sont pas significatifs.

- Une étude longitudinale a été réalisée chez 96 enfants dits "symptomatiques", ayant présenté une symptomatologie respiratoire dans les 12 mois précédents, et parallèlement chez 126 enfants non symptomatiques. Une mesure du débit de pointe a été réalisée 3 fois par jour pendant 3 périodes d'un mois. Après élimination des facteurs de confusion potentiels, les relations entre les moyennes journalières du SO₂ et des PM₁₀ et la fonction respiratoire de l'enfant ont été étudiées : chez les enfants symptomatiques, il a été noté une baisse significative du débit de pointe du matin pour une augmentation de 10 µg/m³ du niveau moyen journalier du SO₂ de la veille.

b2) En 1996, une autre enquête a été menée à Armentières⁽¹²⁾, ville soumise à une pollution oxydante (ozone) en provenance de l'agglomération lilloise. Un panel de 91 enfants de 10 ans, recrutés parmi les 110 enfants des classes de CM d'une école élémentaire d'Armentières, ville située à la périphérie de l'agglomération Lilloise, a reporté sur un carnet de surveillance journalière les résultats de

mesures biquotidiennes (au lever et au coucher) du débit respiratoire de pointe. La présence, au cours de la journée, de symptômes respiratoires, a également été notée. Cette étude s'est déroulée du 1^{er} avril au 30 juin 1996. Les niveaux ambiants d'ozone sont restés modérés pendant la période étudiée (maximum horaire inférieur à 180 µg/m³), cela en raison d'un temps relativement froid et humide pour la saison. Les résultats sont les suivants :

Une augmentation de 30 µg du niveau d'ozone (maximum journalier des moyennes glissantes sur 8 heures) est associée à une baisse moyenne de 1,9 l/min du débit de pointe du soir et à une augmentation de la prévalence journalière de la toux. Ces résultats suggèrent que l'exposition de l'enfant à des niveaux même modérés d'ozone dans l'atmosphère peut provoquer une réaction au moins transitoire de l'appareil respiratoire.

b3) Depuis janvier 1997, avec l'appui du Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement et du Ministère chargé de la Santé, la métropole lilloise participe avec 8 autres agglomérations françaises (Bordeaux, Le Havre, Lyon, Marseille, Rouen, Strasbourg, Toulouse, Paris) à un programme multicentrique coordonné par le Réseau National de Santé Publique (devenu Institut de Veille Sanitaire). Ce programme vise à étudier la faisabilité et définir les modalités organisationnelles et techniques d'une surveillance épidémiologique des effets sur la santé de la pollution atmosphérique en milieu urbain.

Sur le plan local, la réalisation de cette étude est assurée par un groupe de travail coordonné par la Cellule Inter-Régionale d'Epidémiologie de la Direction Régionale des Affaires Sanitaires et Sociales, en partenariat avec l'Observatoire Régional de la Santé et associant l'Association pour la Prévention de la Pollution Atmosphérique, le réseau de mesure de la qualité de l'air de la métropole lilloise (AREMA Lille - Métropole), la Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement, le Centre de Recherches en Santé Travail Ergonomie et les Départements d'Information Médicale des établissements de soins de la communauté urbaine de Lille.

L'étude qui a été mise en œuvre est une étude de séries temporelles. La première phase de cette étude a permis d'analyser sur l'ensemble de la Communauté Urbaine de Lille les effets à court terme d'un indicateur de pollution atmosphérique, le dioxyde de soufre, sur la mortalité.

Les relations observées sont linéaires et il n'a pas été mis en évidence de niveau au-dessous duquel il n'existait pas d'effet décelable sur la mortalité au sein d'une population. Globalement, on observe 5,4 % (Risque Relatif : RR=1,054) de décès journaliers supplémentaires, toutes causes confondues (hors causes accidentelles) lorsque les niveaux moyens de SO₂ augmentent d'un jour à l'autre de 50 µg/m³. L'effet du SO₂ est plus net pour la mortalité par causes cardio-vasculaire (7,8 % de décès supplémentaires, RR = 1,078) et respiratoire (9,2 % de décès supplémentaires, RR = 1,092) que pour la mortalité toutes causes. L'analyse combinée des résultats observés dans chacune des 9 villes a permis de contourner cette difficulté et a mis en évidence une homogénéité, en terme de risque de mortalité associée, entre les neuf villes.

2.3.2.2 - Pollutions de proximité

La proximité d'installations industrielles potentiellement polluantes, d'axes routiers à fort trafic ou de décharges peut être à l'origine de nuisances atmosphériques capables de nuire à la santé ou à la qualité de vie des populations riveraines.

En ce qui concerne les installations classées à l'origine des pollutions atmosphériques les plus importantes, deux types de dispositions sont prévues pour prévoir tout risque sanitaire :

- une réglementation adaptée aux types de polluants susceptibles d'être émis dans l'atmosphère,
- une surveillance régulière des rejets exercée par les autorités compétentes.

Dans le cas des établissements présentant des risques particuliers, des dispositions sont prévues pour protéger les populations environnantes en cas de rejet accidentel (exemple : directive SEVESO).

La pollution d'origine automobile qui se développe à proximité des axes routiers à fort trafic (voir paragraphe 2.1.5.) ou dans les rues "canyons" concerne les polluants habituellement contrôlés par les réseaux de surveillance couvrant la région : SO₂, NO₂, O₃, CO, particules en suspension. Il est prévu par les directives européennes d'étendre cette surveillance à d'autres aérocontaminants : benzène, H.A.P. Cadmium, Arsenic, Nickel, Mercure. Bien qu'aucune étude spécifique n'ait été consacrée à l'impact sanitaire de cette pollution automobile de proximité dans notre région, il convient de souligner que des enquêtes épidémiologiques, menées au

cours des dernières années à l'étranger^[13], ont démontré une fréquence plus grande des épisodes infectieux respiratoires et des crises d'asthme chez les enfants vivant le long ou à proximité d'axes routiers particulièrement chargés. Il convient donc d'attacher une surveillance attentive à ce type de pollution de proximité, et de prendre les mesures nécessaires pour en prévenir les effets.

En dehors de ces problèmes généraux, quatre séries de faits ont retenu récemment l'attention dans la région Nord - Pas-de-Calais en matière de pollution de proximité.

a) Les usines métallurgiques situées sur les communes d'Auby et de Noyelles-Godault

Ces usines implantées respectivement en 1894 et 1870 ont utilisé, pendant de nombreuses décennies, des procédés techniques très polluants, engendrant des émissions importantes de particules riches en plomb, zinc, cadmium, cuivre, mercure... Depuis 1975, les rejets ont diminué de plus de 90 %, du fait de changements des procédés de fabrication et de l'installation de filtres performants dans les cheminées. Aujourd'hui, ces deux sites industriels sont en conformité avec la législation en vigueur : les 8 stations de mesure du plomb dans l'air ambiant situées autour de Métaeurop enregistrent des concentrations inférieures aux normes européennes (la norme actuelle étant de 2 µg/m³ en valeur moyenne annuelle), avec parfois dépassement à l'échelle de la journée. Les quatre stations situées autour de l'Union Minière montrent un taux de pollution atmosphérique 5 à 10 fois plus faible qu'autour de Métaeurop.

Le problème actuel autour de ces usines ne concerne donc plus la pollution atmosphérique extérieure, mais la pollution des sols par l'accumulation du plomb et du cadmium au fil des années, et le retentissement de cette pollution sur les organismes vivant sur ces sols et sur la qualité de la production végétale. En ce qui concerne la santé humaine, une large enquête épidémiologique^[14] a été récemment menée pour comparer la plombémie des enfants et des adultes vivant dans le site pollué, et des sujets témoins vivant en secteur non pollué. Les résultats actuellement disponibles révèlent une plombémie moyenne de 39 µg/l de sang dans la population exposée contre 30 µg/l dans la population témoin, avec cependant 13 enfants exposés dont la plombémie dépasse 100 µg/l contre 2 chez les témoins, avec une valeur maximale de 165 µg/l. Il est difficile d'établir une relation entre ces données et la pollution actuelle de l'atmosphère provoquée par les deux fonderies, d'autres facteurs d'expositions au plomb, notamment la pollution historique du sol autour des deux usines intervenant également. L'analyse statistique fait d'ailleurs ressortir plusieurs facteurs de risque d'augmentation de la plombémie : le lieu de résidence par rapport aux fonderies (facteur multiplicatif de 1,29 par km de rapprochement), la consommation d'eau du robinet avec tuyauterie de plomb (facteur multiplicatif de 2,05), le sexe masculin (facteur multiplicatif de 1,20) la consommation d'abats (facteur multiplicatif de 1,29), le temps passé dehors (risque relatif 2,6), le père travaillant dans l'une des fonderies (risque relatif 3,9).

Il convient d'attendre les résultats complémentaires de cette enquête concernant la plombémie des populations vivant sur les sites pollués, et également d'une enquête concernant le cadmium ; ces deux

enquêtes sont menées parallèlement, des teneurs très élevées de cadmium ayant été constatées dans les végétaux cultivés sur les terrains contaminés.

b) Pollution par les dioxines

L'attention a été attirée ces dernières années sur l'émission dans l'atmosphère de dioxines par les industries métallurgiques et les usines d'incinération. Dans la région Nord - Pas-de-Calais, une série d'investigations a été entreprise pour situer l'importance de ce problème et ses conséquences sur l'environnement immédiat de ces établissements, notamment sur la teneur en dioxines du lait et des produits alimentaires provenant des animaux élevés sur les sols contaminés par les retombées de dioxines.

Les résultats font apparaître :

- pour les usines métallurgiques et les cokeries pour lesquelles des mesures à l'émission ont été effectuées (mais sans norme actuellement en vigueur), des variations notables en ng/m³ et en flux en g/an entre les établissements, avec des valeurs particulièrement élevées pour deux établissements (cf. tableau § 2.1.2.7 page 49),
- pour les usines d'incinération d'ordures ménagères, tenues à l'émission de moins de 0,1 ng/m³ pour les installations nouvelles (circulaire du 24.02.97), de nombreuses valeurs largement supérieures, ce qui a entraîné la fermeture de plusieurs unités d'incinération, notamment à Wasquehal, Sequedin, Halluin, Hénin-Beaumont...(cf. tableau § 2.1.2.7 page 49),

Conséquences sanitaires de la pollution de l'air dans la région Nord - Pas-de-Calais

- la concentration en dioxines des laits produits dans un rayon de 5 km des usines polluantes a également été mesurée. Ces mesures ont révélé, pour plusieurs sites, des valeurs supérieures à 5 µg/g de matière grasse. De même, il a été noté des valeurs anormalement élevées dans certains produits d'alimentation provenant d'animaux nourris avec des produits de fermes situées dans le même périmètre, surtout lorsqu'ils broutent ou picorent (viandes bovines, poules, œufs, lapins...).

Dans ce cas, malgré l'absence d'éléments de certitude sur les effets pathogènes au long cours des dioxines sur la santé, le principe de précaution a prévalu, et a été à l'origine de l'interdiction de vente des produits contaminés.

c) Les décharges d'ordures ménagères

L'existence de décharges d'ordures ménagères à proximité d'habitation est une source de nuisances ressenties par les populations riveraines. Sur le plan sanitaire, le problème est difficile à cerner, comme en témoigne l'enquête menée en 1997 à Sainte Marie Kerque (voir document DRASS, Février 1998). A proximité de la décharge et notamment au hameau La Bistade, l'analyse des nuisances est complexe : elle associe l'augmentation du trafic routier (+29,5 % du trafic poids lourds de 7 à 19 heures en semaine), la perception d'odeurs qualifiées par certaines personnes de fortes à très fortes, ou de persistantes, écoeurantes ou irritantes.

La recherche objective de composés organo-volatils absorbables dans l'air du site, effectuée au niveau de la salle de compostage des ordures, de la terre remuée et des ballots enfouis a révélé la présence :

- de dérivés benzéniques à des concentrations inférieures de 4 à 10 000 fois aux valeurs d'expositions maximales lors d'une activité professionnelle,
- de dérivés d'hydrocarbures non benzéniques à des concentrations faibles,
- de molécules de soufre et d'hydrogène sulfuré susceptibles d'être à l'origine des mauvaises odeurs, à concentrations très faibles.

La symptomatologie signalée par la population la plus proche de la décharge (La Bistade) est significativement plus élevée que celle enregistrée à Sainte Marie Kerque, à Saint Pierre Brouck et à Ruminghem, en ce qui concerne les troubles irritatifs respiratoires (toux, expectoration), la pathologie otorhino-laryngologique, l'irritation oculaire, les nausées, les difficultés d'endormissement et l'irritabilité.

Si l'on voulait répondre à la question du lien entre la présence de la décharge et la morbidité ressentie par la population, il faudrait cependant envisager des études de type analytique sur la zone exposée (suivi de cohorte, étude de panels), mais la taille de la population est trop faible pour que de telles études, qui sont longues et coûteuses, soient concluantes.

d) Les odeurs

Les mauvaises odeurs représentent une modalité de pollution de l'air difficile à cerner, à la fois dans sa détection et dans ses effets. Elles sont difficilement identifiables et quantifiables, et ne sont pas à l'origine de manifestations pathologiques objectivement détectables. Elles entraînent par contre une indiscutable perturbation de la qualité de vie, et à

ce titre, il importe de s'en préoccuper.

En 1992, le secrétariat Permanent pour la Prévention des Pollutions industrielles (S.P.P.P.I.) du littoral Calais-Dunkerque, en liaison avec le réseau AREMADEC, a mené une vaste campagne d'évaluation de la gêne provoquée par les odeurs sur le littoral Calais-Dunkerque. Cette enquête a été réalisée avec le concours de 520 volontaires appartenant à 22 communes de Calais à la frontière Belge, dans le double objectif de préciser le pourcentage de temps pendant lequel la population était gênée, et d'établir une "rose d'odeurs" appréciant le niveau de gêne ressentie en fonction de la direction des vents. Ces roses d'odeurs, recoupées avec les données météorologiques, ont permis d'identifier les principales sources émettrices d'odeurs, et d'engager une action spécifique en vue de réduire, de traiter ou de supprimer ces sources (cf "Campagne d'évaluation de la gêne due aux odeurs sur le littoral Calais - Dunkerque" : document SPPPI Calais Dunkerque 1995).

2.3.2.3 - Pollution intérieure des locaux

Les effets de la pollution intérieure des locaux sur la santé des habitants de la région Nord - Pas-de-Calais sont mal identifiés, compte tenu de la diversité des aérocontaminants potentiels, et de la difficulté de l'identification des conséquences sanitaires dont ils sont responsables. Cependant, un problème mérite une attention particulière : celui des intoxications aiguës par l'oxyde de carbone, en raison de leur incidence particulièrement élevée.

Le Réseau de surveillance des intoxications par le Monoxyde de Carbone Nord - Pas-de-Calais - Picardie a relevé, en 1997, 1051 cas d'hospitalisations pour intoxication oxycarbonée aiguë, dont 721 dans le Département du Nord et 219 dans le Département du Pas-de-Calais. Dans 35 % des cas, il s'agissait d'intoxications graves, 364 ayant nécessité un traitement par oxygénothérapie hyperbare. Il a été déploré 22 décès, dont 17 avant l'hospitalisation et 5 pendant l'hospitalisation.

Les circonstances de l'intoxication relèvent, dans 81,3% des cas, d'une pollution de l'environnement domestique, et dans 15,7% d'un incendie. Cette enquête menée sur l'origine du monoxyde de carbone a montré qu'il s'agissait dans 29,2% de poêles à charbon, dans 24,8% de chauffages au gaz, dans 17,6% de chauffe-eau, et dans 3,5% de poêles à pétrole, utilisés comme chauffage principal ou comme chauffage d'appoint. Le caractère vétuste des installations, le manque d'entretien, l'absence de tirage ou même de système d'évacuation des gaz de combustion sont les causes habituelles de l'accident.

Cette situation, particulièrement préoccupante dans la Région Nord - Pas-de-Calais, nécessite la mise en œuvre d'actions de prévention, non seulement générales, mais également individuelles : une étude, menée chez les sujets hospitalisés pour intoxication au CO, montre que dans 14% des cas, aucune mesure préventive n'a été prise à l'issue de l'accident, ce qui explique que dans 3,6 % des cas observés il s'agisse de récurrence.

11.4 Effets sur l'environnement

Comme dans de nombreuses régions, l'ensemble des données que nous possédons sur les conséquences des polluants atmosphériques sur l'environnement est faible.

Concernant les milieux naturels, ces données se limitent généralement à la végétation et à l'agriculture (programme RENECOFOR, bioindication, pesticides). Concernant les milieux aquatiques, très peu de données sont aujourd'hui disponibles.

2.4.1 Les zones naturelles sensibles à la pollution de l'air dans le Nord - Pas-de-Calais

Comme il l'est dit précédemment, il existe très peu de données qui permettent de chiffrer précisément les conséquences de la pollution atmosphérique sur les milieux naturels.

On peut citer toutefois les conclusions du suivi périodique de l'ONF dans le cadre du Programme RENECOFOR, des travaux sur la bioindication de la faculté des sciences pharmaceutiques et biologiques de Lille dirigée par Madame Van Haluwyn et d'une

étude de 1995 sur la pathologie et la santé des végétaux sur le littoral de la mer du Nord⁷.

Concernant le patrimoine forestier, l'ONF recueille, depuis quelques années, des données sur les dépôts atmosphériques annuels dans le cadre du suivi RENECOFOR, sous réseau CATAENAT. Le peuplement forestier est soumis à l'influence de dépôts de pollutions atmosphériques multiples pouvant être soit d'origine industrielle (surtout en ce qui concerne les émissions de soufre), automobile (surtout pour les émissions d'oxyde d'azote) ou animale et agricole (surtout pour les émissions d'ammoniac).

Selon l'importance et les besoins des écosystèmes, les dépôts peuvent avoir un impact aussi bien positif que négatif sur le cycle nutritif. En forêt, l'impact des dépôts acidifiants et azotés s'est avéré être un facteur déstabilisant dans des conditions nutritives critiques.

L'ONF Nord - Pas-de-Calais est doté, dans le cadre du sous réseau CATAENAT, d'un collecteur en forêt de MORMAL (CHP59). Les calculs des dépôts annuels faits à partir des années 1995 et 1996 y montrent que le dépôt minéral d'azotés (azote nitrique et ammoniacal) proche ou supérieur à 10 Kg/ha/an, valeur seuil théorique située au milieu de la gamme des charges critiques hautes (écosystèmes sensibles) et basses (écosystèmes peu sensibles), à partir de laquelle des perturbations du cycle nutritif dans les écosystèmes forestiers est possible, est atteint.

Selon Landmann (1991), on peut supposer une influence des émissions en ammoniac par l'élevage intensif et l'épandage du lisier. Leurs transports à moyenne et longue distance (Brun et Al, 1989) confirmeraient cette thèse en indiquant que 6 sur 8 des forêts françaises ou c'est constamment le cas (et

notamment en forêt de Mormal), sont proches où sous le vent de régions à production animale importante.

Par ailleurs, sans qu'on en connaisse les causes, les dépôts de fer, mesurés sous forêt seulement, sont en constante augmentation dans la forêt de Mormal. Notons enfin que l'on observe les valeurs les plus élevées de sulfate dans la forêt de Mormal (région très industrialisée).

Concernant la flore régionale, grâce aux travaux de Madame VAN HALUWYN, de Monsieur LERON et de Monsieur GARREC, depuis le début des années 70, dans le domaine de la bioindication, nous disposons de relevés cartographiques (1973 et 1992) qui permettent de tirer quelques enseignements. La lecture de ces cartes est traduite à partir d'une échelle établie par Hawtsworth et Rose pour la Grande Bretagne en tenant compte des spécificités régionales de la flore lichenique.

Les cartes élaborées et les enseignements à en tirer figurent au chapitre 2.2.1.5 page 91 et 92.

2.4.2 La sensibilité de la faune à la pollution de l'air dans le Nord - Pas-de-Calais

Concernant le monde animal, à défaut de données, on peut souligner les problèmes engendrés en 1998 par la présence de dioxines aux alentours des incinérateurs d'Halluin, de Wasquehal et de Sequedin dans le Nord et de Fouquières-les-Lens dans le Pas-de-Calais.

⁷Étude réalisée pour le compte du Service régional de la protection des végétaux et de la Fédération Régionale des groupements des défenses contre les ennemis des cultures.

II.5 Relevé des principaux organismes

qui contribuent dans la région à la connaissance
de la qualité de l'air et de son impact sur l'homme et l'environnement

Nom	Activités en rapport avec la qualité de l'air ou son impact	Adresse
AREMA Lille-Métropole	Surveillance de la qualité de l'air	5, Boulevard de la Liberté - BP 479 59021 LILLE CEDEX
APPA (Association pour la Prévention de la Pollution Atmosphérique)	Connaissance, information et communication sur la qualité de l'air et son impact sur la santé	13, rue Faidherbe 59800 LILLE
AREMARTOIS	Surveillance de la qualité de l'air	Centre Jean Monnet - Avenue de Paris 62400 BETHUNE
AREMASSE	Surveillance de la qualité de l'air	Zone d'activités de Prouvy - Rouvignies BP 800 - 9039 VALENCIENNES CEDEX
Comités Départementaux de Lutte contre les Maladies Respiratoires	Actions de santé publique	13, rue Faidherbe 59800 LILLE
CETE (Centre d'Etudes Techniques de l'Equipement)	Qualité de l'air intérieur aux bâtiments	2, rue de Bruxelles - BP 275 59019 LILLE CEDEX
Délégation Nord - Pas-de-Calais de l'ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie)	<ul style="list-style-type: none"> - Coordination technique des associations agréées de surveillance de la qualité de l'air - Réduction des émissions industrielles - Maîtrise de l'énergie - Maîtrise des déchets - Organisation et optimisation des transports - Connaissance des polluants et effets sur les Milieux 	20, rue du Prieuré - 59500 DOUAI
DIREN (Direction Régionale de l'Environnement)	Protection de l'Environnement	4, rue Gombert - 59041 LILLE CEDEX
DRASS (Direction Régionale des Affaires Sanitaires et Sociales)	Santé publique	62, Boulevard de Belfort - BP 605 59024 LILLE CEDEX

Relevé des principaux organismes qui contribuent dans la région
à la connaissance de la qualité de l'air et de son impact sur l'homme et l'environnement

Nom	Activités en rapport avec la qualité de l'air ou son impact	Adresse
DRIRE (Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement)	- Inspection des installations classées - Energie - Réception et contrôle technique de véhicules	941, rue Charles Bourseul - BP 750 59507 DOUAI CEDEX
ECLAT (Espace de Concertation, de Liaison et d'Action contre le Tabagisme)	Actions de santé publique	13, rue Faidherbe - 59800 LILLE
Faculté des Sciences Pharmaceutiques Laboratoire de Botanique	- Epidémiologie environnementale - Bioindication végétale	BP 38 - 59006 LILLE CEDEX
Institut Pasteur de Lille	Surveillance des métaux lourds	1, rue du Professeur Calmette 59800 LILLE
Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air	- Amélioration de la qualité des mesures - Stratégie de surveillance et gestion des équipements	941, rue Charles Bourseul - BP 838 59508 DOUAI CEDEX
Météo-France Direction Interrégionale Nord	- Observations et prévisions météorologiques - Climatologie - Paramètres élaborés pertinents pour la qualité de l'air - Etudes et développements	18, rue Elisée Reclus - BP 7 59651 VILLENEUVE D'ASCQ CEDEX
OPAL AIR	Surveillance de la qualité de l'air	Rue du Pont de Pierre - BP 199 59820 GRAVELINES
ORS (Observatoire Régional de la Santé)	- Etudes épidémiologiques - Impacts sur la santé	13, rue Faidherbe - 59800 LILLE
Réseau National de Surveillance des Aérobiocontaminants	Surveillance des pollutions polliniques	

Orientations

3.1 - **Accroître** la connaissance

3.1.1 - Accroître la connaissance des émissions et des polluants

3.1.2 - Accroître la connaissance de la qualité de l'air

3.1.3 - Accroître la connaissance des effets sur la santé et des populations sensibles

3.1.4 - Accroître la connaissance des effets sur l'environnement

3.2 - **Réduire** les pollutions

3.2.1 - Technologies propres

3.2.2 - Remédiation / Régulation

3.3 - **Améliorer la prise de conscience**

sur la qualité de l'air

et la maîtrise de l'énergie

Sur la base de la situation existante et des perspectives d'évolution, décrites dans la partie précédente les 7 groupes de travail chargés de l'élaboration du présent plan ont défini des orientations visant à améliorer l'état et la connaissance de la qualité de l'air. Ces orientations, détaillées ci-après, sont regroupées en trois grandes catégories :

- Accroître la connaissance,
- Réduire les pollutions,
- Améliorer la prise de conscience sur la qualité de l'air et la maîtrise de l'énergie.

Les différentes propositions élaborées par les groupes de travail n'avaient pas été hiérarchisées, ce qui en limitait la crédibilité générale tout en compliquant le travail ultérieur du suivi de leur mise en œuvre. C'est pourquoi le Comité de Pilotage du PRQA a proposé de regrouper les orientations selon trois niveaux, en distinguant également les orientations devant être menées en articulation avec

des projets nationaux et celles qui peuvent plus particulièrement être menées au niveau régional. L'exercice de hiérarchisation s'est avéré difficile, puisque toutes les orientations proposées sont le fruit de consensus négociés au sein des groupes de travail, et qu'en outre elles n'ont pas fait l'objet d'une évaluation de leur faisabilité ; celle-ci sera traitée par le Comité de Suivi du PRQA, chargé de sa mise en œuvre.

Les orientations ont donc été classées selon un certain nombre de critères "objectifs", visant à évaluer la pertinence de chacune d'entre elles par rapport à une politique régionale d'amélioration de la qualité de l'air et de la santé des citoyens. Ont surtout été privilégiées les orientations incontournables quant à l'amélioration de la qualité de l'air et ne faisant pas partie par ailleurs de politiques publiques déterminées.

Le nombre de symboles "***" précédant chaque orientation détermine le niveau de priorité qui lui est associé.

1^{ère} orientation : ***

Mettre en place un Comité de Suivi de la mise en œuvre du PRQA. Ce Comité, composé par le Comité de Pilotage du PRQA, aura pour mission de suivre l'état d'avancement des orientations inscrites dans le plan. Il devra veiller à ce que chaque orientation, prise en charge par un "pilote", soit véritablement mise en œuvre dans un esprit conforme au document. Il devra suivre les observatoires prévus (trafic, véhicules, qualité de l'air, etc.) et les indicateurs préconisés pour évaluer la qualité de l'air dans la région. Il devra intégrer les nouveaux éléments de connaissance acquis, surtout s'ils rendent caduques certaines données inscrites dans le PRQA.

III.1 Accroître la connaissance

3.1.1 Accroître la connaissance des émissions et des polluants

2^{ème} orientation : ***

Une réactualisation de l'inventaire des émissions atmosphériques dans la région Nord - Pas-de-Calais, réalisé par le CITEPA en 1997 sur la base des données de l'année 1994, paraît nécessaire. Elle permettra de cerner les premières évolutions enregistrées au cours des 5 dernières années et de mieux appréhender les grandes tendances pour les années à venir.

Cette réactualisation devra de plus être l'occasion d'approfondir la connaissance sur les émissions de certains polluants, aujourd'hui incomplète. Il s'agit notamment des COV (Composés Organiques Volatils), des BTX (Benzène, Toluène, Xylène) ainsi que des poussières. L'amélioration de la connaissance de ces émissions devrait entraîner à terme une réduction de celles-ci.

3^{ème} orientation : **

Obtenir davantage de données sur les rejets atmosphériques biogéniques, tant sur les polluants classiques que sur ceux spécifiques à l'agriculture, notamment les produits phytosanitaires. Une étude particulière sur ces derniers, examinant en particulier leur transfert dans l'air, leur dégradation et leur toxicité

pourrait par ailleurs être réalisée.

Nota : cette mesure est à mettre en œuvre en articulation avec le niveau national.

4^{ème} orientation : **

Mettre en place un suivi des parcs liés aux différents modes de transport dans la région et des trafics associés, en distinguant les types d'émissions, et établir un modèle cartographique des émissions compatible avec celui des sources fixes.

5^{ème} orientation : *

Mettre en place un suivi des concentrations de radon à proximité des zones à risques (failles, puits de mines) et réaliser une cartographie de ces zones.

3.1.2 Accroître la connaissance de la qualité de l'air

6^{ème} orientation : ***

Assurer la couverture de l'ensemble du territoire régional à brève échéance (la loi sur l'air impose le 1^{er} janvier 2000), par la mise en place de nouvelles stations de mesure et la mise en œuvre des outils de modélisation de la qualité de l'air. Ce développement de la surveillance inclut également la surveillance des métaux lourds, des particules fines de diamètre inférieur

à 2,5 µm, des BTX (Benzène, Toluène, Xylène) et des HAP (Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques).

7^{ème} orientation : ***

S'assurer de la fiabilité des mesures effectuées par les réseaux de surveillance de la qualité de l'air, par la mise en place progressive de l'assurance qualité. Cette mise en place s'accompagnera de la création d'un laboratoire interrégional de niveau 2, dans le cadre de la mise en place de la chaîne nationale d'étalonnage.

8^{ème} orientation : ***

Développer la bioindication, complément utile de la surveillance automatique. Un réseau régional de la bioindication, prenant appui sur la bioindication lichénique déjà existante, pourrait être créé. Ceci nécessitera, pour assurer la pérennité du réseau, que des formations, initiale et continue, soient mises en place. Un programme de formation et de renforcement des compétences de l'ensemble des acteurs intervenant dans le domaine de l'éducation à l'environnement sera également mis en place.

9^{ème} orientation : ***

Mettre en place un dispositif commun aux 4 réseaux régionaux, chargé de la mise en œuvre des techniques de modélisation déterministe de la qualité de l'air. Cette mise en place nécessitera la réalisation de cadastres précis des émissions atmosphériques, prenant en compte l'ensemble des sources. Parallèlement, la mise en place de moyens de prévision statistique de la qualité de l'air sera également effectuée. La mise en œuvre de cette orientation sera réalisée en étroite collaboration avec les services de Météo France.

10^{ème} orientation : **

Redéfinition, au sein des réseaux, des zones de surveillance de la qualité de l'air, de manière à mieux prendre en compte les stations frontalières des réseaux voisins (intra ou extra-régionaux) dans le cadre du déclenchement des procédures d'information ou d'alerte.

11^{ème} orientation : *

Les réseaux de surveillance s'attacheront à assurer un suivi de la qualité de l'air dans les zones d'aménité, notamment durant les périodes de repos.

12^{ème} orientation : ***

Etablir une coopération entre les réseaux de surveillance de la qualité de l'air et le secteur de la recherche, notamment sur les thèmes de la modélisation, de la mesure de nouveaux polluants, et sur les aspects météorologiques ou cartographiques.

Nota : cette mesure est à mettre en œuvre en articulation avec le niveau national.

3.1.3

Accroître la connaissance des effets sur la santé et des populations sensibles

13^{ème} orientation : ***

Poursuivre et renforcer la collaboration existante entre les réseaux de surveillance de la qualité de l'air et les professionnels de la santé, dans l'optique de la mise en place d'une veille sanitaire et de l'analyse des effets de la pollution de l'air sur la

santé. Dans ce cadre, une concertation avec les réseaux pourrait être envisagée.

Améliorer la connaissance des pollutions de proximité (axes routiers, industrie,...) et définir les zones géographiques présentant un risque (effet de panache, proximité d'industrie) du point de vue de l'impact sanitaire.

14^{ème} orientation : **

Mettre au point des techniques de mesure de l'exposition individuelle cumulative aux polluants de l'air, et développer des études spécifiques visant à mieux connaître les différents polluants intérieurs et leurs effets sur la santé.

Encourager et soutenir la recherche clinique et fondamentale sur les effets sur la santé de la pollution atmosphérique (concertation entre épidémiologistes, cliniciens et biologistes cellulaires).

Nota : cette mesure est à mettre en œuvre en articulation avec le niveau national.

15^{ème} orientation : ***

Réalisation d'études pour l'évaluation locale de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique dans les principales agglomérations de la région Nord - Pas-de-Calais couvertes par un réseau de mesures.

16^{ème} orientation : ***

Recherche du nombre et de la répartition géographique des populations sensibles :

- Asthmatiques,
- Insuffisants respiratoires chroniques graves,
- Silicosés,
- Sujets atteints d'asbestose.

3.1.4

Accroître la connaissance des effets sur l'environnement

17^{ème} orientation : **

Un suivi des conséquences de la pollution de l'air sur la faune, la flore et le patrimoine bâti devra être établi en concertation avec les réseaux de surveillance de la qualité de l'air.

III.2 Réduire les pollutions

3.2.1 Technologies propres

18^{ème} orientation : ***

Promouvoir et favoriser les investissements industriels permettant d'améliorer les rejets atmosphériques, en matière :

- de substitution d'énergie (passage aux énergies moins polluantes),
- d'amélioration des rendements énergétiques (notamment la cogénération),
- d'amélioration des procédés.

19^{ème} orientation : **

Encourager les initiatives industrielles dans la démarche de management environnemental. Une action de sensibilisation des PME en ce sens devrait permettre d'amplifier la tendance actuelle et entraîner entre autres une diminution des émissions polluantes.

20^{ème} orientation : *

Informers les entreprises sur les meilleures technologies disponibles et favoriser la collaboration avec le monde de la recherche universitaire.

Nota : cette mesure est à mettre en œuvre en articulation avec le niveau national.

21^{ème} orientation : *

Associer le monde industriel et le monde agricole dans le domaine de l'utilisation des produits phytosanitaires et des engrais, afin d'optimiser cette utilisation, notamment en ce qui concerne les quantités mises en œuvre et les périodes de traitement. Une telle association permettra également de favoriser les débouchés des produits agricoles vers des utilisations industrielles en substitution à des produits plus polluants.

Favoriser la mise en place d'un contrôle technique périodique des matériels de pulvérisation utilisés en agriculture ou par les utilisateurs professionnels (entreprises d'entretien de parcs et jardins, services d'espaces verts des communes, traitement des abords de routes,...).

Nota : cette mesure est à mettre en œuvre en articulation avec le niveau national.

22^{ème} orientation : **

Réduire de façon significative les émissions dans l'atmosphère liées au chauffage domestique, lorsque celui-ci contribue fortement aux émissions de dioxyde de soufre.

Pour y contribuer, les Plans de Protection de l'Atmosphère devront étudier l'opportunité de mettre en place de nouvelles Zones de Protection Spéciale (à l'instar de celle existant sur l'agglomé-

ration lilloise). Cette mesure impose notamment l'utilisation de combustibles à basse teneur en soufre dans les zones concernées.

23^{ème} orientation : ***

Valoriser les ressources énergétiques locales (éolien, bois, biogaz,...).

24^{ème} orientation : ***

Conforter les dispositifs actuels d'aides financières (Contrat de Plan Etat - Région, FRAMED, Fonds structurels européens, ADEME,...) en matière de maîtrise de l'énergie et de qualité de l'air :

- Maîtrise de la demande d'électricité,
- Economies d'énergie,
- Techniques performantes, sobres et propres,
- Calcul en coût global en matière d'équipement neuf et de réhabilitation.

25^{ème} orientation : *

Evaluer et orienter suivant des modes de transports ou des carburants propres les financements régionaux de la recherche. Inciter au recours aux carburants propres par une exonération totale ou partielle de la vignette ou de la carte grise ou par une incitation à l'équipement dans le cas des véhicules ayant dérogation de circulation en cas d'épisode polluant.

26^{ème} orientation : *

Pour les flottes captives des collectivités et des entreprises, inciter à aller au-delà de la réglementation, voire à s'équiper de moyens de transports non polluants (bicyclettes,...).

27^{ème} orientation : *

Pour les exploitants de transports, expérimenter de nouvelles motorisations (GNV, aquazole...) et utiliser des moteurs de plus en plus propres et économes en carburant.

Nota : cette mesure est à mettre en œuvre en articulation avec le niveau national.

31^{ème} orientation : ***

Afin de reconstituer des puits de carbone et des sources d'humidité, des programmes de revégétalisation du territoire régional dans les zones rurales, péri-urbaines et urbaines devront être mis en place. Le développement des techniques de taillis à courte ou très courte rotation contribuera à ces programmes. Une limitation de l'artificialisation des sols sera recherchée dans l'ensemble des plans d'urbanisme.

L'investissement foncier destiné au reboisement et à la mise en place de corridors biologiques fait l'objet de soutiens financiers du Conseil Régional et des Conseils Généraux.

33^{ème} orientation : ***

Dans les plans de déplacements urbains, il sera réalisé une évaluation initiale de la qualité de l'air et des impacts des mesures adoptées.

34^{ème} orientation : *

Aux abords des zones d'intérêt écologique, de patrimoine bâti et d'aménité, limiter l'accès des modes de transport ou des véhicules polluants par la mise en place de zones de protection et de plans de circulation en vue d'améliorer la qualité de l'air (parcs publics, monuments historiques restaurés, zones piétonnes).

3.2.2

Remédiation / Régulation

3.2.2.1 - Animation

28^{ème} orientation : ***

Dans le cadre des travaux de suivi du PRQA, en cohérence avec les efforts nationaux et internationaux, il sera mis en place des dispositifs régionaux spécifiques de lutte contre l'accroissement de l'effet de serre.

29^{ème} orientation : *

Inciter à l'élaboration de plans de déplacements urbains au-delà du cadre réglementaire (agglomérations de moins de 100 000 habitants).

30^{ème} orientation : *

Mise en place d'un prix annuel des communes ayant fait le plus d'efforts pour la qualité de l'air.

32^{ème} orientation : ***

Inciter les collectivités et les maîtres d'ouvrage à prendre en compte l'efficacité énergétique et les impacts sur la qualité de l'air de toute procédure d'urbanisme, de projets d'aménagement ou de transport (SD, POS, ZAC, Plan de Développement Industriel, Plan de circulation et de stationnement). Cette démarche implique l'objectif de limitation de la longueur des déplacements, des capacités de stationnement. Elle prône la concentration de l'urbanisation autour des réseaux de transports collectifs. Le conseil le plus en amont possible est souhaitable par l'identification d'une ingénierie de la mobilité (le Conseil Régional et l'ADEME soutiennent des "analyses environnementales sur l'urbanisme" et des "études de planification énergétique". Lille Métropole Communauté Urbaine s'est engagée dans une démarche de "ville renouvelée").

3.2.2.3 - Actions sur l'offre de transport

Les orientations des PDU et des PPA doivent notamment être compatibles avec les orientations du présent paragraphe.

35^{ème} orientation : ***

- Favoriser le développement des modes collectifs (transport de voyageurs notamment professionnels) et massifiés (transports ferroviaire et fluvial de marchandises) et améliorer leurs conditions d'intermodalité :
 - Plates-formes multimodales et installations de transfert pour les marchandises,
 - Pour les voyageurs, efficacité des points d'échanges, tarification, correspondance et information multimodales (au niveau régional, cette coordination est assurée par l'Association des Autorités Organisatrices de Transports)

3.2.2.2 - Planification

Les orientations des PDU et des PPA doivent notamment être compatibles avec les orientations du présent paragraphe.

- Systématiser en amont de tout projet de transport l'approche multimodale, en particulier prendre en compte l'évaluation des coûts externes.

36^{ème} orientation : **

- Maîtriser la fluidité des circulations en mettant en place des systèmes de régulation et de gestion des trafics (ALLEGRO, itinéraires de délestage...).
- Favoriser le stationnement et la circulation des véhicules "propres" (GPL, GNV, électrique) ou transportant plusieurs personnes.

37^{ème} orientation : **

Optimiser l'approvisionnement des villes en marchandises (plates-formes de distribution).

3.2.2.4 - Actions sur la demande de transport

Les orientations des PDU et des PPA doivent notamment être compatibles avec les orientations du présent paragraphe.

38^{ème} orientation : ***

- Etablir des plans de mobilité en faveur des modes de transport les moins polluants :
 - De salariés, pour les trajets domicile-travail et les trajets professionnels,
 - De jeunes, pour les trajets domicile-école ou domicile-université (exemple : modulation des horaires entre établissements scolaires).
- Evaluer le potentiel "dépolluant" du télétravail et du commerce électronique.

39^{ème} orientation : ***

Promouvoir les opérations de covoiturage, de voitures partagées, de location de vélos, de livraison à domicile. Promouvoir une meilleure utilisation des taxis.

3.2.2.5 - Aménagement et habitat

Les orientations des PDU et des PPA doivent notamment être compatibles avec les orientations du présent paragraphe.

40^{ème} orientation : ***

- Réaliser un partage de voirie urbaine en faveur des modes alternatifs à l'automobile et de la modération de la vitesse (couloirs bus, aménagements cyclables, zones 30).
- Dans le cadre de coupures dues aux infrastructures de transport, rétablir les circulations alternatives à la voiture (transports collectifs, piétons, deux-roues), notamment en milieu urbain et pendant les chantiers. Dans le cas d'aménagements routiers, requalifier les voiries délestées.
- Mettre en place des schémas directeurs et chartes piétons et vélos en milieu urbain et périurbain, ainsi que dans les zones d'activité et les zones commerciales.

41^{ème} orientation : **

- Favoriser le développement de la construction à Haute Qualité Environnementale (HQE). Celle-ci procède d'une démarche globale allant de la fabrication des matériaux (écobilan, contenu énergétique...) à la déconstruction (valorisation), en passant par la vie du bâtiment (valorisation des

ressources locales, exploitation économe, qualité de vie intérieure).

- Ce concept pourrait également être appliqué aux infrastructures de transport.

III.3 Améliorer la prise de conscience

sur la qualité de l'air et la maîtrise de l'énergie

42^{ème} orientation : ***

Développer un site Internet pour les réseaux de surveillance de la qualité de l'air, pour informer le plus rapidement possible et dans la plus grande transparence sur la qualité de l'air. Cette amélioration de la connaissance de la qualité de l'air et des réseaux par le grand public devra également être facilitée par le développement d'une plus étroite collaboration entre les réseaux de surveillance de la qualité de l'air et les médias.

43^{ème} orientation : ***

Etudier les modalités de diffusion des messages en cas de franchissement des seuils d'information et d'alerte.

44^{ème} orientation : ***

Développer des moyens d'information de fond de la population, en particulier à destination des sujets sensibles, mais également des médecins et des élus locaux.

45^{ème} orientation : **

Mieux connaître l'efficacité énergétique des bâtiments :

- Afficher l'efficacité énergétique des bâtiments lors de leurs locations, en s'inspirant de l'étiquette "énergie" figurant actuellement sur l'électroménager (article 22 de la loi sur l'air).

- Faire figurer dans l'acte de vente d'un bâtiment un "diagnostic thermique" s'apparentant à un contrôle technique du logement.

- Favoriser la réalisation de diagnostics énergétiques des différents parcs de bâtiments de la région Nord - Pas-de-Calais (habitats collectifs et notamment sociaux, patrimoine public, établissements de santé, tertiaire privé dont les commerces,...) en s'appuyant et en amplifiant les dispositifs en place (Contrat de Plan Etat - Région, Fonds structurels,...).

46^{ème} orientation : **

Informers, sensibiliser et former sur la maîtrise de l'énergie :

- Accompagner et former les acteurs sociaux et les familles,
- Développer la diffusion d'information, en s'appuyant sur des relais (Centre Régional de la Consommation, Centre d'Information sur l'Habitat, Comité Départemental de l'Habitat Rural) et sur les professionnels (entreprises, artisans, architectes, bureaux d'études, distributeurs de matériaux et chaînes de bricolage,...),
- S'appuyer sur les collectivités et leur effet "vitrine" pour sensibiliser la population à la maîtrise de l'énergie (les agendas 21 locaux permettent d'identifier les communes pouvant faire l'objet d'actions pilotes).

47^{ème} orientation : ***

La commission "Alerte, information et formation" du PROA et les Etats Généraux de la santé ont mis en évidence la nécessité de reconsidérer la manière dont sont reçues et traitées les plaintes émanant des habitants. Un groupe de travail pourrait pour ce faire être constitué, et comporter des représentants des collectivités locales, car les mairies restent un lieu privilégié d'écoute, mais aussi des représentants des SPPPI (Secrétariats Permanents pour la Prévention des Pollutions Industrielles). Ce groupe aurait pour objectif de faire le bilan de la situation existante et de réfléchir à la manière de mieux adapter les réponses aux questions posées. Il ne suffit pas toujours de guider le plaignant vers le bon guichet. En effet, les nuisances qui sont dénoncées ne peuvent pas systématiquement être traitées de manière administrative et sans doute faut-il réfléchir à la mise en place de lieux d'écoute et de médiation.

48^{ème} orientation : *

Organiser des conférences citoyennes sur des sujets sensibles dans la région, tels que le plomb, les dioxines, etc., afin d'améliorer les échanges entre habitants, élus, techniciens et scientifiques.

49^{ème} orientation : *

Pour les enfants et les adolescents, compléter le dispositif régional d'éducation à l'environnement existant, en lien avec l'Éducation Nationale.

Nota : cette mesure est à mettre en œuvre en articulation avec le niveau national.

50^{ème} orientation : **

Amplifier les campagnes de vérification gratuite des émissions automobiles ainsi que les contrôles répressifs, et y associer la diffusion d'informations sur la pollution automobile, sur le fonctionnement du pot catalytique et le nécessaire entretien du véhicule, sur la conduite économique et sur le coût de l'automobile individuelle. Un partenariat entre l'APPA et les Brigades de Contrôle Technique du Nord - Pas-de-Calais serait à envisager.

Les outils de sensibilisation des conducteurs (automobiles et camions) à la pollution atmosphérique devraient être développés au sein des centres de contrôle technique obligatoire (automobiles et poids-lourds).

51^{ème} orientation : ***

Développer l'information sur la pollution à l'intérieur des locaux à destination des usagers, mais aussi des constructeurs et architectes. Sensibiliser notamment les usagers sur le danger potentiel présenté par l'utilisation des poêles à pétrole.

52^{ème} orientation : ***

Lancer un programme exemplaire de lutte contre le tabagisme dans les lieux publics.

53^{ème} orientation : *

Réaliser une étude de faisabilité sur la mise en place d'"ambulances vertes". Celles-ci permettent d'identifier les causes pathologiques environnementales. Cette démarche s'appuie sur la création d'un service hospitalier spécifique réalisant un audit environnemental de l'habitation, et un examen clinique du patient.

54^{ème} orientation : **

Informar les entreprises sur le cadre fiscal (investissement dégressif accéléré, amortissement exceptionnel,...) favorable aux investissements visant à améliorer la qualité de l'air. Cette information pourra être mise en œuvre dans le cadre des travaux du Comité de Suivi du PRQA.



Bibliographie

régionale

- Air Pur 51, 1996, Les végétaux et la pollution atmosphérique, Pages 1 à 39.
- J-P Garrec, 1997, La bioindication végétale de la pollution atmosphérique, Air Pur 52.
- J-P Gavériaux, 1995, Les lichens et la bioindication de la qualité de l'air, Guide technique à l'usage des professeurs des collèges et des lycées, éducation nationale, 51 pages.
- S3PI, 1997, Cartographie de la pollution de l'air par certains métaux lourds sur le littoral Calais Dunkerque au travers de l'analyse des lichens et des boues de toiture, 56 pages.
- S3PI, 1995, Suivi pluriannuel des effets de la pollution de l'air sur la santé des végétaux sur le littoral Calais - Dunkerque, bilan de l'année 1994, 126 pages.
- S3PI, 1996, Suivi pluriannuel des effets de la pollution de l'air sur la santé des végétaux sur le littoral Calais - Dunkerque, bilan de l'année 1995, 132 pages.
- C Van Haluwyn, 1990, Lichens et pollution atmosphérique, un an de suivi dans la communauté urbaine de Lille, Air Pur 38, pages 3 à 10.
- C Van Haluwyn, 1993, La bioindication de la pollution atmosphérique par les lichens dans la région Nord - Pas-de-Calais, Air Pur 45, pages 23 à 27.
- C. Van Haluwyn, 1999, La Bioindication : application dans notre région, Air Pur 55, Page 23 à 25.
- C Van Haluwyn, S Gottard, 1995, Cartographie de la qualité de l'air de la Communauté Urbaine de Lille à partir de l'observation des Lichens, aremalrt, 14 pages.
- Service Economique et Statistique de la Direction des Affaires Economiques et Internationales de l'Equipelement, "Les mots de synthèse du SES".
- CITEPA, Inventaire d'émissions dans l'atmosphère dans le cadre des Plans Régionaux pour la Qualité de l'Air - Octobre 1997.

Références

bibliographiques

- [1] Pollution atmosphérique, 40^{ème} anniversaire de l'APPA, Symposium international : "La Pollution Atmosphérique de l'homme, évaluer les expositions" - décembre 1999
- [2] Katsouyanni K, Touloumi G, Spix C et al. Short-term effects of moderate levels of sulfur dioxide and particulate matter on mortality in 12 European cities : results from the APHEA project. *British Medical Journal* 1997 ; 314 : 1658-63.
- [3] Medina S, Le Tertre A, Dusseux E et al. Analyse des liens à court terme entre pollution atmosphérique et santé, résultats 1991-1995. ORS Ile-de-France. Paris, décembre 1997.
- [4] Quenel P, Cassadou S, Declercq C, Prouvost H et al. Surveillance des effets sur la santé liés à la pollution atmosphérique en milieu urbain. Etude multicentrique sur 9 villes Françaises. Institut de Veille Sanitaire mars 1998.
- [5] Dockery DW, Pope CA, Xu X et al. An association between air pollution and mortality in six US cities. *New England Journal of Medicine* 1993, 329 : 1753-1759.
- [6] Pope CA, Thun MJ, Naambodiri MM et al. Particulate air pollution as a predictor of mortality in a prospective study of US adults. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 1995 ; 151 : 669-674.
- [7] Abbey DE, Nishino N, McDonnell WF et al. Long-term inhalable particles and other air pollutants related to mortality in nonsmokers. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 1999 ; 159 : 373-382.
- [8] Gervois M, Dubois G, Gervois S, Quéту JM, Muller A, Voisin C. Pollution atmosphérique de niveau modéré et affections respiratoires aiguës banales. Enquête de Denain-Quiévrechain (Nord). *Rev Epidém et Santé Publ* 1977.
- [9] Gervois M, Voisin C, Dubois G. Pollution atmosphérique de type urbain et affections respiratoires aiguës. Enquête de Lille, France 1978-1979. Comité régional de l'Appa, Lille, 1981.
- [10] Gervois M, Voisin C, Dubois G, Hauw Y, Gervois S, Lahoute C, Mauppin JC, Rault JF, Rault P. Urban air pollution and acute respiratory disease. The Lille prospective study, 1978-1979. *International Epidemiological Association 9th International Scientific Meeting* ; Edinburgh 22-28 august 1981, 1981.
- [11] Gervois M, Voisin C, Dubois G, Le Hir M, Vaiva E, Defrance G, Dejardin JM, Pawlicki G. Pollution atmosphérique et affections respiratoires aiguës. Enquête épidémiologique de Dunkerque 1981-1982. Union internationale des associations pour la prévention de la pollution atmosphérique. VI^{ème} Congrès mondial pour la qualité de l'air. Paris 16-20 mai 1983, 1983.
- [12] C. Declercq, V. Maquet. Effet à court terme de l'ozone sur la santé respiratoire d'enfants d'Armentières. Nord de la France. Communication orale colloque épidémiologie et santé. Octobre 1999.
- [13] Edwards J, Walter S, Griffiths KK. Hospital admission for asthma in preschool children - Relation ship for asthma in Birmingham, United Kingdom. *Ach Environn - health* 1994.

- [14] Leroyer Ariane, Nisse Catherine,
Memon Denis, Gruchociak Alain,
Salomez Jean-Louis, Haguenoer Jean-Marie.
Programme de Recherche Concerté :
Volume 5 "Métaux et Santé humaine -
Exposition environnementale au plomb
dans une population d'enfants du Nord
de la France". "Facteurs d'imprégnation
et modification des biomarqueurs d'effet
de synthèse de L'Hème"

Index des cartographies

du Nord - Pas-de-Calais

Les rejets par secteur industriel en 1998

- Rejets de dioxyde de soufre (SO₂) par secteur industriel en 1998 P. 39
- Rejets des oxydes d'azote (NO₂, N₂O) par secteur industriel en 1998 P. 41
- Rejets de poussières par secteur industriel en 1998 P. 43
- Rejets de composés organiques volatils par secteur industriel en 1998 P. 45
- Rejets d'Acide Chlorhydrique (HCl) par secteur industriel en 1998 P. 47

Les rejets par grands secteurs d'activité en 1994

- Rejets d'ammoniac (NH₃) par grands secteurs d'activité en 1994 P. 50
- Rejets de dioxyde de carbone (CO₂) par grands secteurs d'activité en 1994 P. 52
- Rejets de composés organiques volatils hors méthane par grands secteurs d'activité en 1994 P. 53
- Rejets d'oxydes d'azote (NOx) par grands secteurs d'activité en 1994 P. 54
- Rejets de dioxyde de soufre (SO₂) par grands secteurs d'activité en 1994 P. 55
- Rejets de monoxyde de carbone (CO) par grands secteurs d'activité en 1994 P. 56

Les rejets dus aux transports routiers en 1994

- Rejets de dioxyde de soufre (SO₂) dus aux transports routiers en 1994 P. 59

- Rejets d'oxydes d'azote (NOx) dus aux transports routiers en 1994 P. 60
- Rejets de composés organiques volatils hors méthane dus aux transports routiers en 1994 P. 61
- Rejets de monoxyde de carbone (CO) dus aux transports routiers en 1994 P. 62
- Rejets de dioxyde de carbone (CO₂) dus aux transports routiers en 1994 P. 63

Le dispositif de surveillance

- Les zones de compétence des réseaux régionaux P. 69
- Réseau OPAL'AIR : paramètres mesurés par stations P. 70
- Réseau AREMALM : paramètres mesurés par stations P. 71
- Réseau AREMARTOIS : paramètres mesurés par stations P. 72
- Réseau AREMASSE : paramètres mesurés par stations P. 73

Les moyennes annuelles des principaux polluants sur l'ensemble des stations régionales pour 1998

- SO₂ : moyennes annuelles 1998 par stations P. 76
- Particules en suspension : moyennes annuelles 1998 par stations P. 77
- NO₂ : moyennes annuelles 1998 par stations P. 78
- Ozone : moyennes annuelles 1998 par stations P. 79

Evolution des moyennes annuelles des principaux polluants par agglomérations,

- Evolution des moyennes annuelles en SO₂ par agglomérations P. 81
- Evolution des moyennes annuelles en particules en suspension par agglomérations P. 82
- Evolution des moyennes annuelles en NO par agglomérations P. 83
- Evolution des moyennes annuelles en NO₂ par agglomérations P. 84
- Evolution des moyennes annuelles en O₃ par agglomérations P. 85

La qualité de l'air dans le Nord Pas-de-Calais en 1973 et en 1992 P. 91

Cartographie dynamique de la qualité de l'air établie grâce aux lichens bioindicateurs entre 1996 et 1999 P. 93

Les climats du Nord - Pas-de-Calais P. 97

La population en 1990 P. 101

Les taux de personnes de 60 ans et plus en 1990 P. 102

Les taux de personnes de moins de 4 ans en 1990 P. 103

Les insuffisances respiratoires (hors trouble du sommeil) en 1999 P. 104

Les silicosés en 1999 P. 105