

Campagne de mesure de la qualité de l'air dans le Sud-Est de Laval



23 avril 2003 - 5 juin 2003

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier M.Marin, directeur de l'hôpital pour nous avoir autorisé l'accès sur le site de la maison de retraite Jeanne Jugan ainsi que Géraldine Cousin, technicienne à la communauté d'agglomération de Laval pour son aide lors de la recherche du site.

Métrie : A. TRICOIRE – C. CHALUMEAU

Etude : F. PENVEN

Mise en Page : B. POUSSIN

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS	2
SOMMAIRE	3
RESUME-SYNTHESE	4
CONTEXTE DE L'ÉTUDE	4
OBJECTIF DE L'ÉTUDE	4
MOYENS MIS EN OEUVRE	4
RÉSULTATS	4
PERSPECTIVES	4
SURVEILLANCE DE LA QUALITÉ DE L'AIR EN MAYENNE EN 2003	5
HISTORIQUE	5
ORIENTATIONS 2003	6
CAMPAGNE DE MESURE DANS LE SUD-EST DE LAVAL	7
OBJECTIFS	7
SITE D'ÉTUDE	7
MÉTÉOROLOGIE	8
RÉSULTATS	9
DIOXYDE D'AZOTE	9
OZONE	11
POUSSIÈRES (PM10)	13
DIOXYDE DE SOUFRE	14
ANNEXE : PRINCIPAUX POLLUANTS	16
OXYDE D'AZOTE	16
OZONE	17
PARTICULES EN SUSPENSION	18
DIOXYDE DE SOUFRE	19

RESUME-SYNTHESE

Contexte de l'étude

La loi sur l'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Energie du 30 décembre 1996 prévoit la mise en place d'une mesure de la qualité de l'air sur l'ensemble du territoire national. A Laval, cela s'est traduit par l'installation d'une station permanente dans le centre-ville (rue Mazagran). Cependant, la validation de cette station passe par la comparaison avec d'autres sites de l'agglomération afin de s'assurer de la bonne représentativité de la station permanente. C'est pourquoi une campagne de mesure a été mise en place sur le site de la maison de retraite Jeanne Jugan dans le sud-est de Laval.

Objectif de l'étude

L'objectif de la campagne était double : mesurer la qualité de l'air dans une zone prioritaire de surveillance définie lors de l'étude préliminaire à l'installation de la station permanente et valider la représentativité de la station Mazagran à l'échelle de l'agglomération lavalloise.

Moyens mis en œuvre

Cette campagne s'est déroulée du 23 Avril au 5 Juin 2003. Les concentrations mesurées lors de cette campagne ont été celles des principaux polluants : le dioxyde de soufre, les particules en suspension (PM10), le dioxyde d'azote et l'ozone. Un camion laboratoire a été installé à cet effet dans le verger de la maison de retraite Jeanne Jugan.

Résultats

Les concentrations observées sur le site de la maison de retraite Jeanne Jugan comme à la station permanente de la rue Mazagran sont restées en dessous des seuils réglementaires.

Les deux sites de mesures présentent des profils de teneurs en dioxyde d'azote, en ozone et en poussières (PM10) remarquablement similaires. Seuls les niveaux en dioxyde de soufre se distinguent. Cependant, les niveaux en dioxyde de soufre restent faibles à la maison de retraite de la rue Jeanne Jugan et très faible à la station permanente de la rue Mazagran.

En conclusion, le Sud-Est de Laval bénéficie d'une bonne qualité d'air comme le centre ville. La station Mazagran est d'une bonne représentativité de la pollution observée dans le Sud-Est de Laval pour l'ensemble des polluants bien que les teneurs en dioxyde de soufre aient été supérieures dans le Sud-Est lors de la campagne.

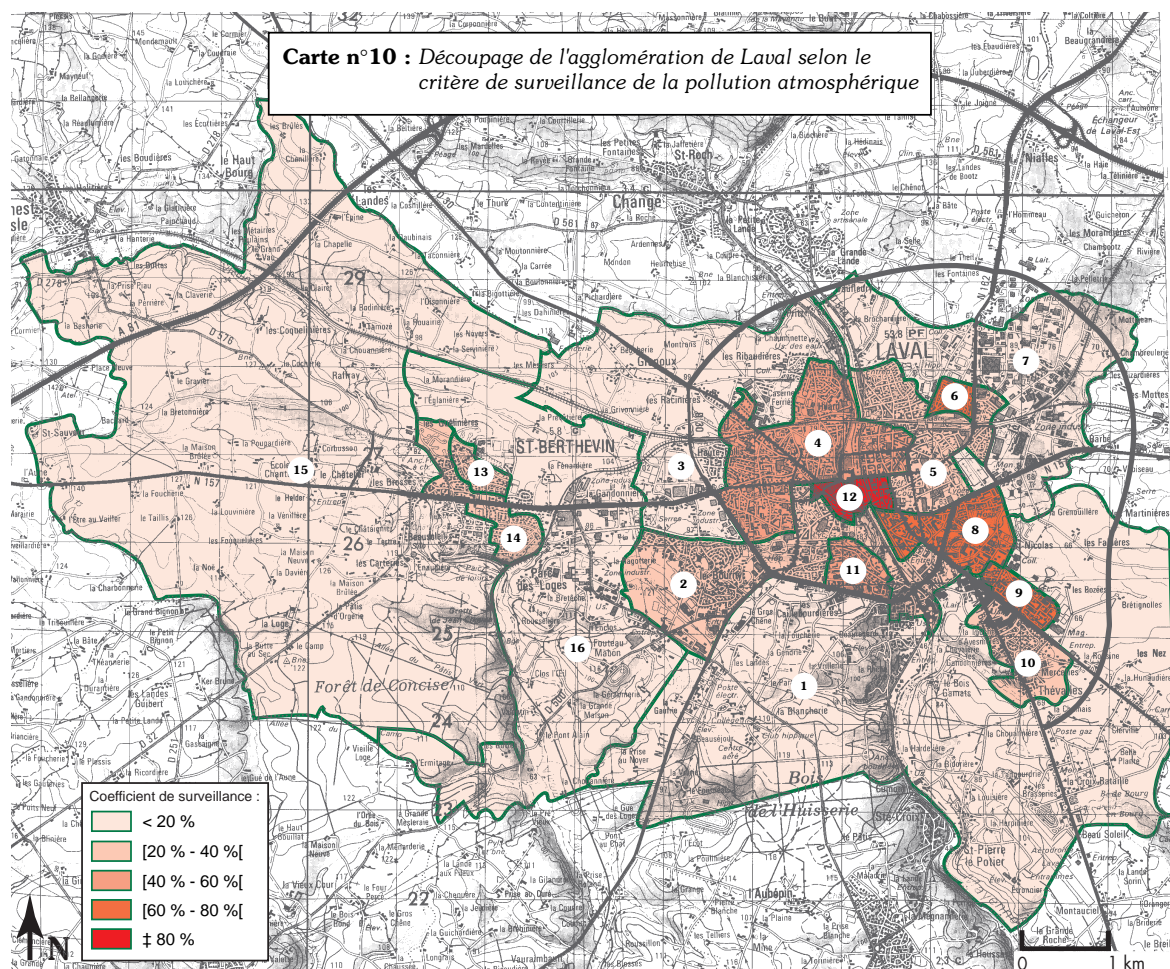
Perspectives

Afin de compléter cette étude, une campagne similaire pourra être menée ultérieurement dans les autres zones de surveillance prioritaires définies lors de l'étude préliminaire afin de compléter l'évaluation de la qualité de l'air dans l'agglomération lavalloise.

Surveillance de la qualité de l'air en Mayenne en 2003

Historique

En 1999, Air Pays de la Loire a réalisé une étude préliminaire à la mise en place d'un réseau de surveillance de la qualité de l'air à Laval. Cette étude consistait en l'identification des sources polluantes et des conditions météorologiques propres à l'agglomération. Des zones prioritaires de surveillance furent alors définies. Des campagnes de mesure ont été organisées afin de quantifier les risques de dépassement des seuils réglementaires.



En 2000, le site de la station permanente a été choisi après une campagne de validation par laboratoire mobile.

Depuis janvier 2001, la mesure permanente de la qualité de l'air à Laval est effective suite à l'installation d'une station fixe dans le foyer des jeunes travailleurs de la rue Mazagran. Les polluants mesurés sont l'ozone, les oxydes d'azote et le dioxyde de soufre.

Une campagne de mesure a été menée à Changé dans le but de valider la représentativité de la station permanente de la rue Mazagran.

Un analyseur de particules fines a été ajouté à la station fixe à l'automne 2002. La station permet ainsi de calculer quotidiennement l'indice de la qualité de l'air ATMO. Cet indice est diffusé aux acteurs institutionnels tous les jours. Il est consultable sur le site Internet : www.airpl.org.

Une campagne de mesure a été réalisée en 2002 à Saint-Denis d'Anjou dans le Sud-Est du département afin d'obtenir des indications sur la qualité de l'air en zone rurale.

Orientations 2003

Le Comité Départemental d'Air Pays de la Loire en Mayenne s'est tenu le 19 Mars 2003. Les orientations pour l'année 2003 y ont été présentées.

Une campagne de mesure dans le sud-est de Laval a été décidée dans le but de vérifier la représentativité spatiale de la station permanente de la rue Mazagran.

D'autre part, deux campagnes de mesure de BTX (Benzène Toluène Xylène) d'une durée de 3 mois chacune sur un site urbain et un site en proximité de circulation automobile ont été envisagées.

Des campagnes de mesure sur sites industriels seront également proposées au cours de l'année 2004.

Enfin ultérieurement, il est envisagé de réaliser une campagne de mesure de monoxyde de carbone sur un site de trafic et une campagne de mesure des poussières fines (PM_{2,5}) sur un site urbain.

Campagne de mesure dans le Sud-Est de Laval

Objectifs

La loi sur l'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Energie du 30 décembre 1996 prévoit la mise en place d'une mesure de la qualité de l'air sur l'ensemble du territoire national. A Laval, cela s'est traduit par l'installation d'une station permanente dans le centre-ville. Cependant, la validation de cette station passe par la comparaison avec d'autres sites de l'agglomération afin de s'assurer de la bonne représentativité de la station permanente. C'est pourquoi une campagne de mesure a été organisée sur le site de la maison de retraite Jeanne Jugan.

L'objectif de la campagne était double :

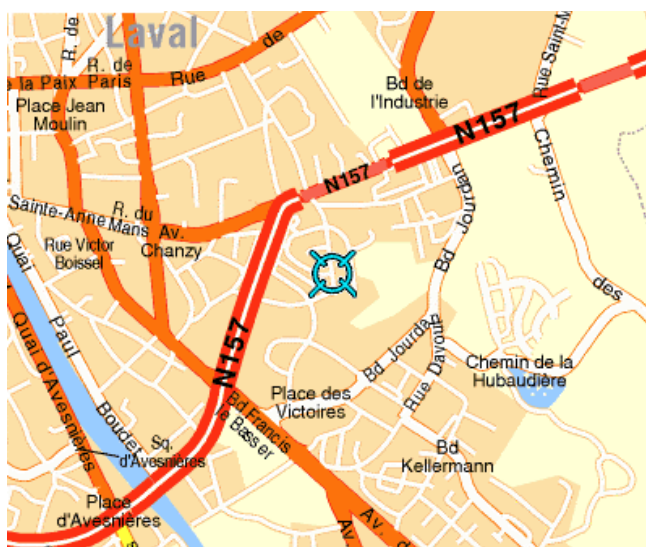
- mesurer la qualité de l'air dans une zone prioritaire de surveillance définie lors de l'étude préliminaire à l'installation de la station permanente ;
- valider la représentativité de la station Mazagran à l'échelle de l'agglomération lavalloise.

Cette campagne s'est déroulée du 23 Avril au 5 Juin 2003. Les concentrations mesurées lors de cette campagne sont celles des principaux polluants :

- dioxyde de soufre ;
- particules ;
- dioxyde d'azote ;
- ozone.

Site d'étude

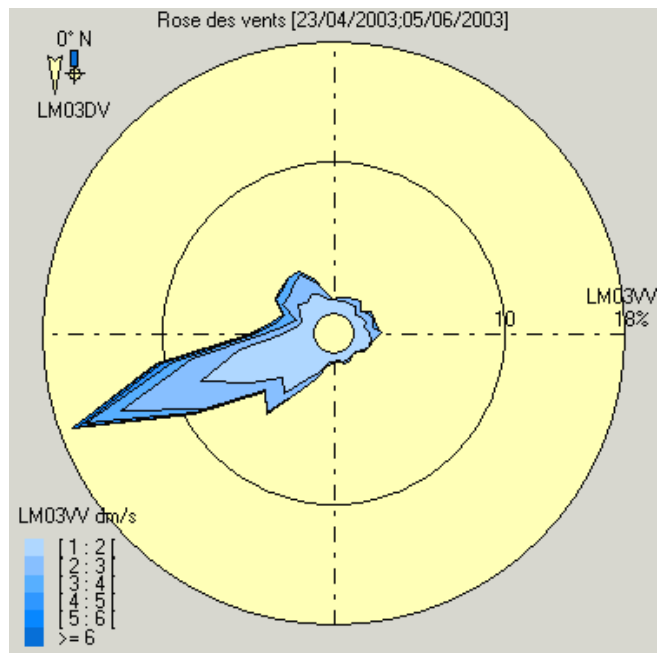
Le laboratoire mobile a été installé dans le verger de la maison de retraite de la rue Jeanne Jugan au Sud-Est de Laval (cf. carte).



Météorologie

Les données météorologiques ont été obtenues par le mât météorologique placé sur le laboratoire mobile.

La rose des vents présentée ci-dessous indique que la direction prédominante des vents pour la période de la campagne de mesure est : ouest/sud-ouest. La vitesse des vents est majoritairement faible (inférieure à 4 m.s^{-1}).



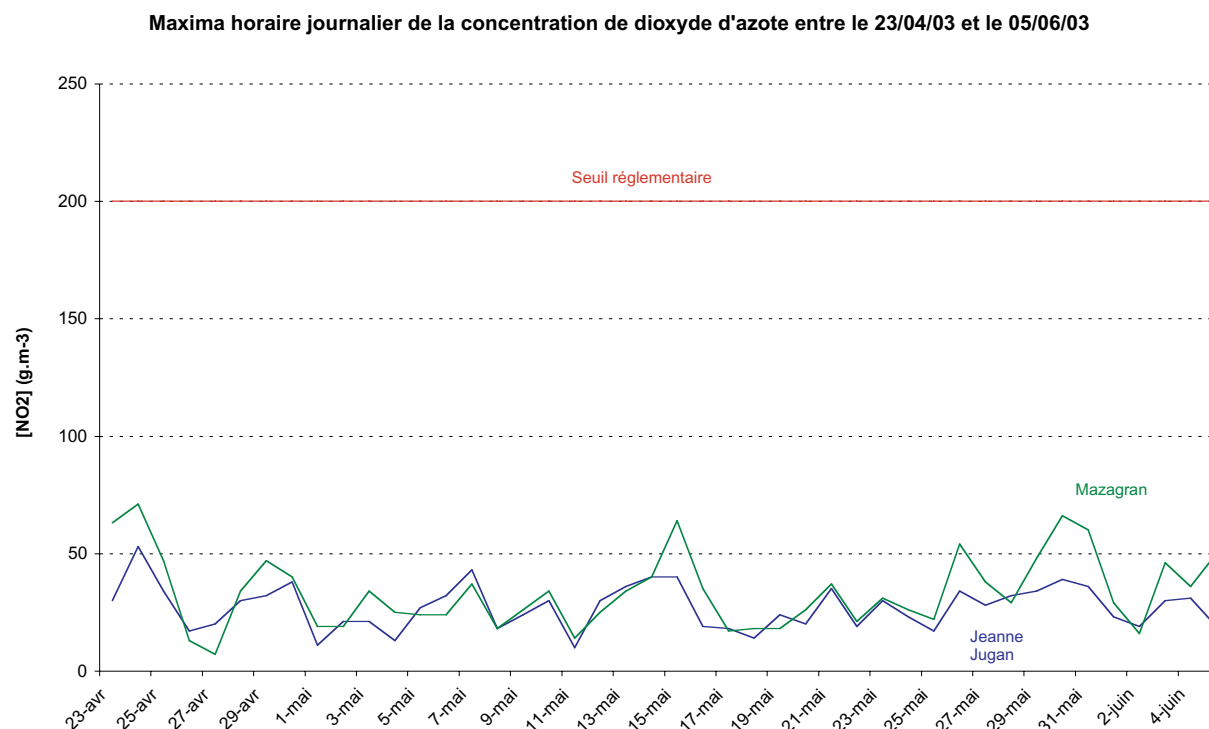
Les données météorologiques du Laboratoire Mobile ont été validées par comparaison avec celles de la station Météo France d'Entrammes se situant à 3 Km au Sud-Est de Laval.

Résultats

Dioxyde d'azote

Situation vis à vis des seuils réglementaires

Les concentrations de dioxyde d'azote à Laval sont restées très en dessous du seuil d'information réglementaire ($200\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ en moyenne sur une heure).



Comparaison des sites

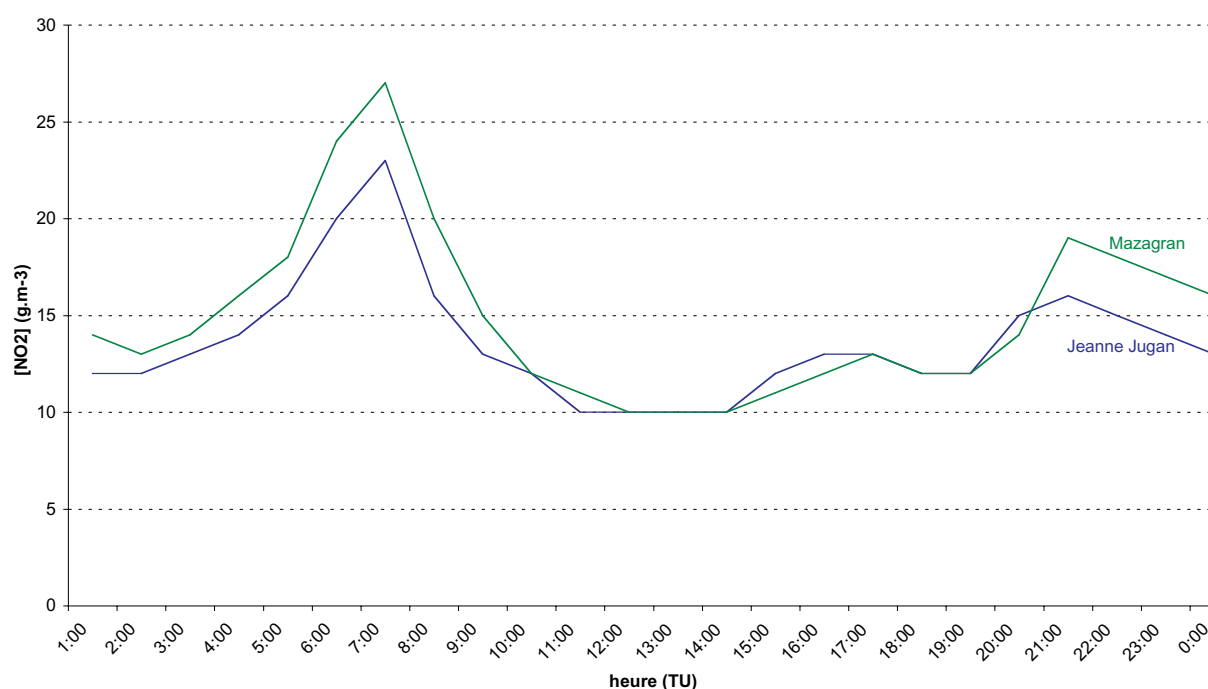
Les pointes journalières de la concentration en dioxyde d'azote mesurées sur le site de la maison de retraite Jeanne Jugan sont relativement bien corrélées avec celles de la station permanente de la rue Mazagran.

Les pics de dioxyde d'azote sont plus marqués à Mazagran. Cela peut s'expliquer par le fait que la station Mazagran se situe en plein du cœur du centre ville de Laval dans une zone moins aérée et qui est davantage soumise à la pollution d'origine automobile.

Les profils journaliers sont en parfaite synchronisation. La pointe de la concentration en dioxyde d'azote est observée simultanément sur les deux sites à 9h légales (7h TU sur le graphique). Celle-ci est principalement due à l'accroissement du trafic automobile à cette heure de la journée.

Il faut noter également que les niveaux horaires moyens sont légèrement supérieurs à Mazagran pour les mêmes raisons que celles évoquées précédemment.

Profil journalier moyen de la concentration en dioxyde d'azote du 23/04/03 au 05/06/03



Le test statistique de Kolmogorov-Smirnov permet de comparer deux échantillons de données par rapport à leur distribution (répartition des mesures). Il permet alors de conclure si les deux échantillons sont issus de la même population ou non, c'est-à-dire si la pollution mesurée en chaque site est issue d'une pollution globale. Le test consiste en le calcul d'un critère appelé P-value qui est ensuite comparé au risque acceptable. Dans la pratique le risque acceptable est généralement fixé à 5% (soit un niveau de confiance de 95%). Si le critère P-value est supérieur au risque acceptable alors les deux échantillons sont statistiquement issus de la même population c'est-à-dire que les deux sites de mesure présentent une bonne adéquation. Dans le cas contraire, le test prouve que les deux échantillons sont issus de populations distinctes.

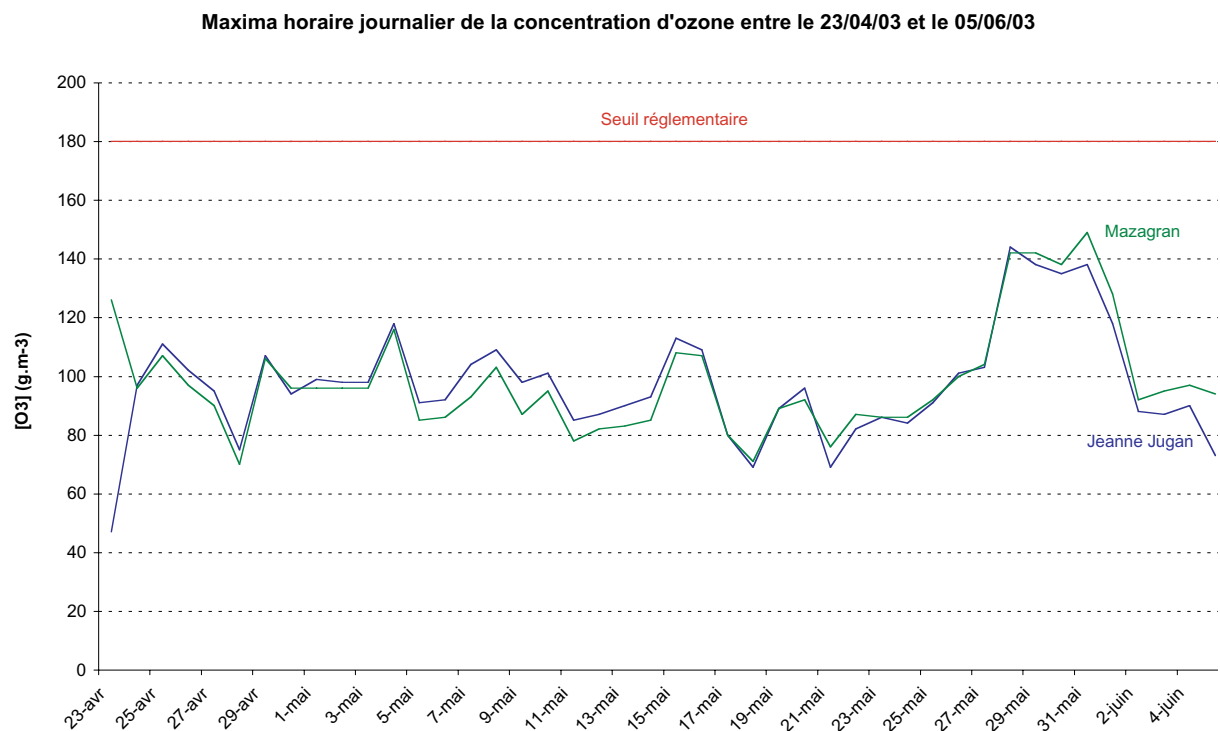
Le test de Kolmogorov-Smirnov a été appliqué aux concentrations horaires de dioxyde d'azote mesurées entre le 23 Avril et le 5 Juin 2003. Il conduit à la conclusion qu'il n'existe pas de différence statistiquement significative au niveau de confiance de 95% entre les deux échantillons (P-value=0,2726).

L'ensemble de ces éléments de comparaison (graphiques et test statistique) permet d'affirmer qu'il existe une bonne adéquation entre les deux sites de mesure. La station Mazagran est donc représentative de la zone sud-est de Laval en ce qui concerne la pollution par le dioxyde d'azote.

Ozone

Situation vis à vis des seuils réglementaires

Les niveaux d'ozone mesurés du 23 avril au 05 juin 2003 sont modérés. Une légère élévation de la concentration a été observée du 28 au 31 mai (149 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ à Mazagran le 31 mai). Mais le seuil d'information réglementaire fixé à 180 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ en moyenne sur une heure n'a pas été atteint.



Cependant, le risque de dépassement du seuil réglementaire n'est pas nul. En effet, la procédure d'information de la population a été déclenchée 6 fois à Laval au cours de l'été 2003. La concentration d'Ozone a atteint la valeur de 222 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ durant l'épisode de canicule (du 4 au 11 août 2003).

Comparaison des sites

La comparaison des concentrations maximales journalières d'ozone conduit à la conclusion d'une parfaite similitude de comportement de ce polluant sur les deux sites. Cela confirme le fait que la pollution par l'ozone est un phénomène régional.

De même que précédemment, la représentation graphique des profils journaliers moyens montre une cohérence quasi parfaite des deux sites.

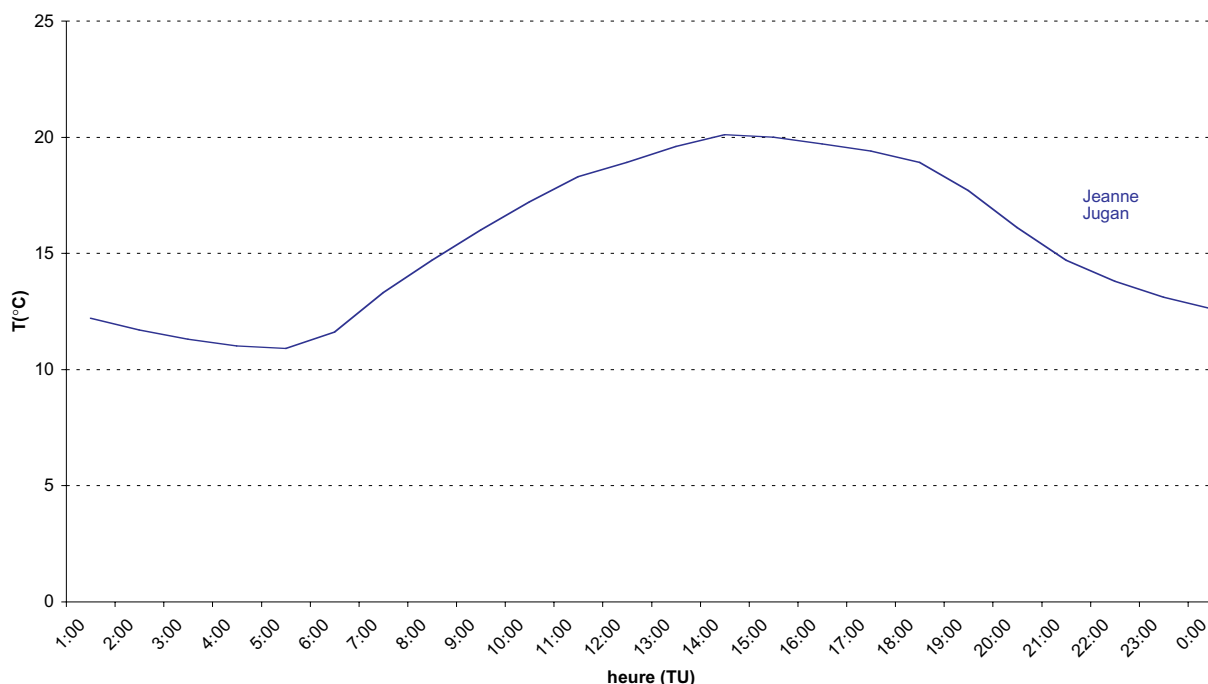
Il est intéressant de noter l'inversion de la position des courbes à 17h légales (15h TU sur le graphique). Cependant l'écart entre les deux courbes est trop faible pour être significatif.

Profil journalier moyen de la concentration en ozone du 23/04/03 au 05/06/03



Le profil « en cloche » de l’ozone est bien constaté sur ce graphique. En effet, l’ensoleillement est un catalyseur de la formation d’ozone dans l’atmosphère. Or, la température mesurée lors de la campagne donne une bonne indication du niveau d’ensoleillement. Le graphique ci-dessous présente le profil journalier de la température durant la période considérée. Il est intéressant de noter la corrélation entre les variations de la température et la formation de l’ozone.

profil journalier moyen de la température entre le 23/04/03 et le 05/06/03



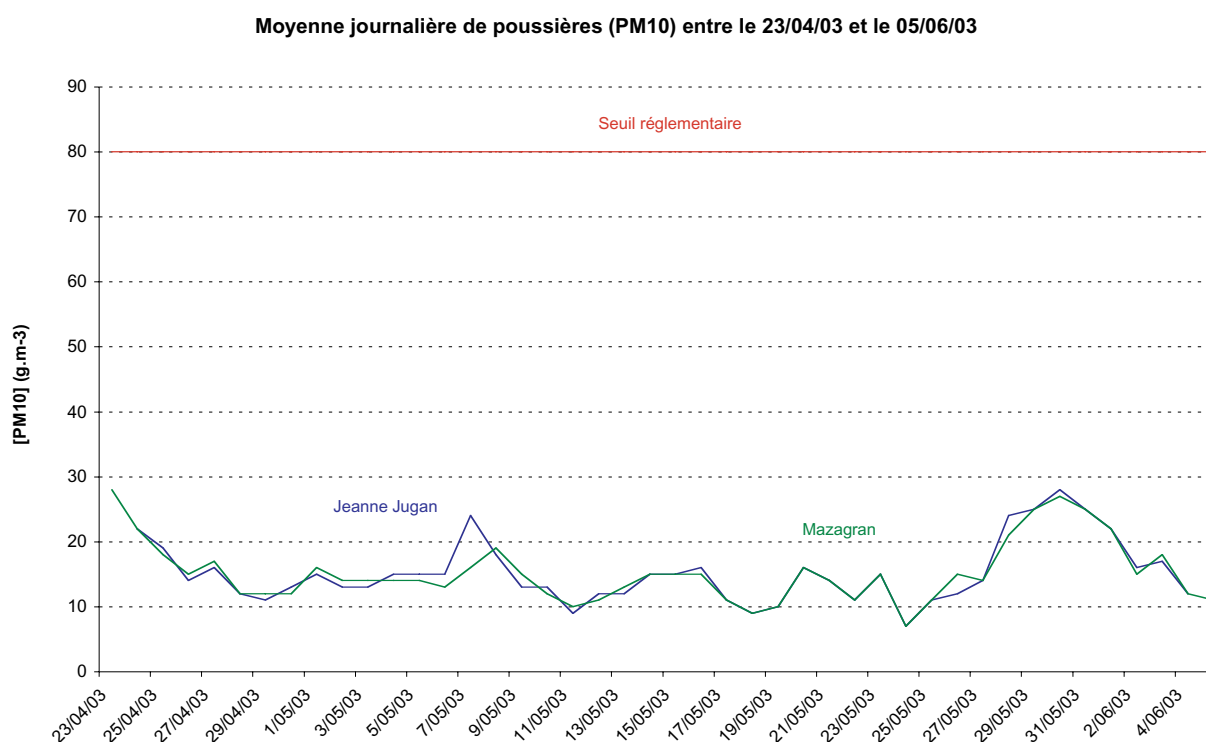
Le test de Kolmogorov-Smirnov effectué sur les concentrations horaire d’ozone conduit à la conclusion qu’il n’existe pas de différence significative entre les deux échantillons au niveau de confiance de 95% (P-value=0,2109).

Il est alors possible de conclure qu'il existe une bonne adéquation entre les deux sites de mesure. La station Mazagran est donc représentative de la zone sud-est de Laval en ce qui concerne la pollution par l'ozone.

Poussières (PM10)

Situation vis à vis des seuils réglementaires

Les teneurs en poussières de diamètre inférieur à 10 µm mesurées à Laval du 23 avril au 5 juin sont restées à des niveaux faibles. Le seuil d'information réglementaire fixé à 80 µg.m⁻³ par jour n'a pas été approché.



Comparaison des sites

Les courbes des moyennes journalières de la concentration en particules sur les deux sites de mesure sont très proches l'une de l'autre voire confondues du 17 au 25 mai 2003.

Ce constat visuel est corroboré par le test de Kolmogorov-Smirnov effectué sur les concentrations horaires de particules qui conduit à la conclusion qu'il n'existe pas de différence significative entre les deux échantillons au niveau de confiance de 95% (P-value=0,6724).

Il existe donc une bonne corrélation entre les deux sites de mesure. La station Mazagran est donc représentative de la zone sud-est de Laval en ce qui concerne la pollution par les particules en suspension.

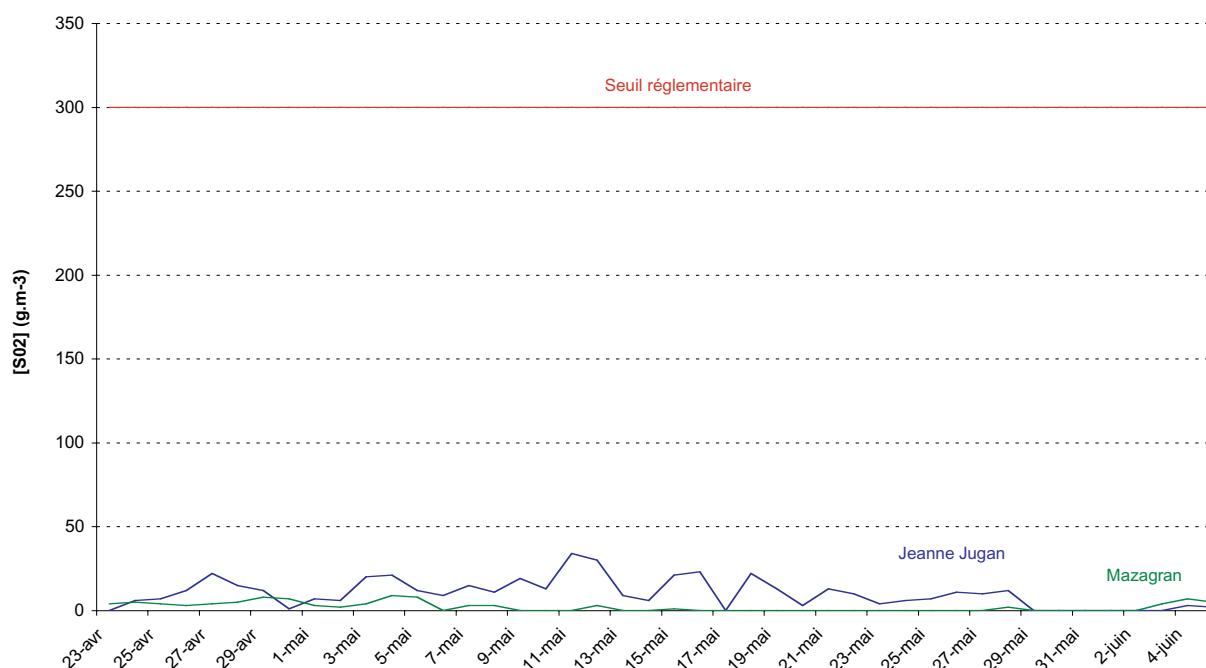
Dioxyde de soufre

Situation vis à vis des seuils réglementaires

Les concentrations en dioxyde de soufre mesurées à Laval durant la campagne sont très faibles. Le maximum horaire journalier le plus élevé a été de $34 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ et il a été obtenu sur le site de la maison de retraite de la rue Jeanne Jugan.

Cette situation est habituellement observé dans les zones dénuées de sources importantes de pollution par le dioxyde de soufre (centrale thermique, raffinerie,...)

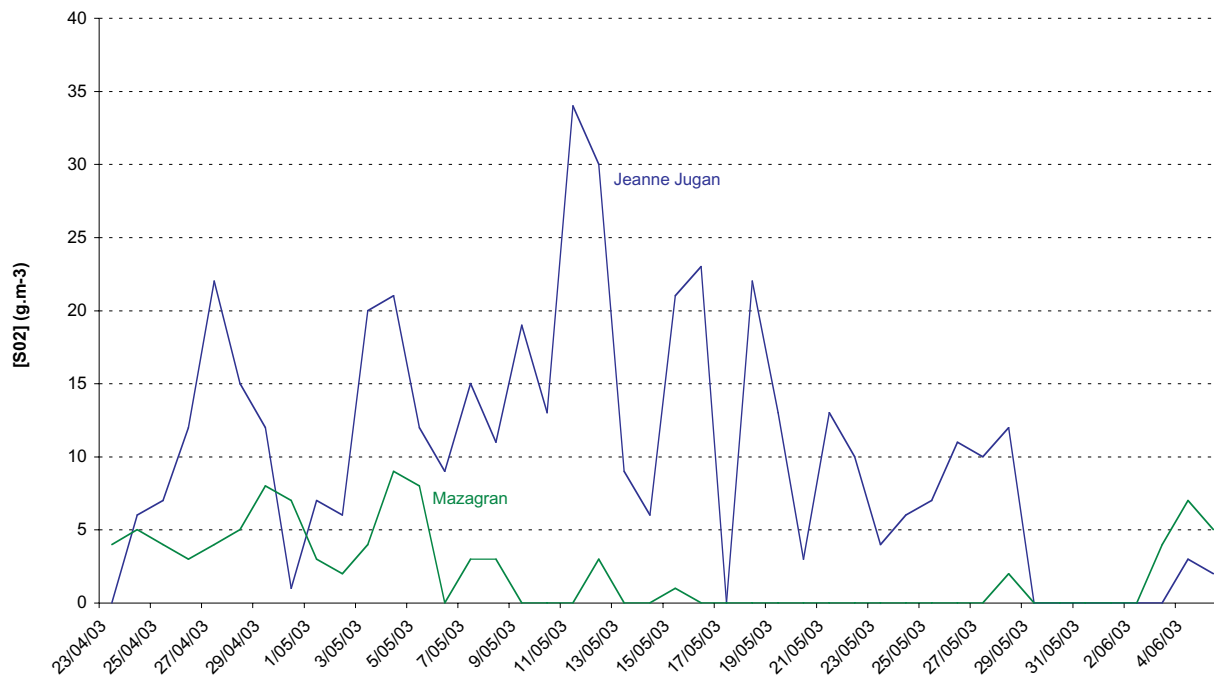
Maxima horaire journalier de la concentration en dioxyde de soufre entre le 23/04/03 et le 05/06/03



Comparaison des sites

Le graphique ci-dessous présente les mêmes courbes que le précédent mais à une échelle différente. Il est intéressant de noter que les pointes de pollution par le dioxyde de soufre sont plus importantes sur le site de la maison de retraite. Cela peut s'expliquer par la présence d'éventuelles sources ponctuelles d'émission à proximité du site où a stationné le laboratoire mobile. Cependant, les niveaux atteints sont bien trop faibles (1/10ème du seuil d'information) pour affirmer qu'il existe une pollution par le dioxyde de soufre dans l'environnement de la maison de retraite Jeanne Jugan.

Maxima horaire journalier de la concentration en dioxyde de soufre entre le 23/04/03 et le 05/06/03



Le test de Kolmogorov-Smirnov effectué sur les concentrations horaire de dioxyde de soufre conduit à la conclusion qu'il existe une différence significative entre les deux échantillons au niveau de confiance de 95% (P-value=0). Cependant, les niveaux d'ozone enregistrés à la station permanente sont faibles voire nuls du 17 au 27 Mai et compte tenu de la tolérance des appareils de mesure (7 ppb soit $20\mu\text{g.m}^{-3}$) le résultat de ce test n'est pas significatif.

ANNEXE : principaux polluants

Oxyde d'azote

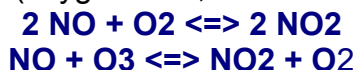
Parmi les nombreux oxydes d'azote existant dans l'atmosphère (protoxyde N₂O, sesquioxyde N₂O₃, pentoxyde N₂O₅, ...), le monoxyde (NO) et le dioxyde d'azote (NO₂) sont les plus impliqués dans les mécanismes de pollution atmosphérique. Ce sont ces deux polluants, qui seront désignés ici sous le terme d'oxydes d'azote.

Le monoxyde d'azote NO se forme par la combinaison de l'azote N₂ et de l'oxygène O₂ atmosphériques lors des combustions à haute température :



Ce polluant est donc émis par les installations de chauffage des locaux, les centrales thermiques de production électrique, les usines d'incinération et les automobiles.

Le monoxyde d'azote NO est rapidement oxydé en dioxyde d'azote NO₂ par réaction avec d'autres oxydants de l'air (oxygène O₂, ozone O₃...) :



La fabrication et l'utilisation d'acide nitrique, la déflagration d'explosifs et les soudages sont aussi à l'origine de ces composés.

A l'échelle planétaire, les orages, les éruptions volcaniques et les activités bactériennes produisent de très grandes quantités d'oxydes d'azote. Toutefois, en raison de la répartition de ces émissions sur la surface terrestre, les concentrations atmosphériques naturelles d'oxydes d'azote demeurent très faibles.

En raison de leur origine, les oxydes d'azote sont présents dans l'atmosphère des villes et des zones industrielles.

Près des axes routiers, les concentrations de monoxyde d'azote sont généralement plus élevées que celles de dioxyde d'azote, car la transformation du monoxyde d'azote émis par les véhicules en dioxyde d'azote n'est pas instantanée. A l'inverse, sur les sites urbains éloignés des voies de circulation, la pollution par le dioxyde d'azote est plus forte que celle par le monoxyde d'azote.

Le monoxyde d'azote NO est un gaz incolore et inodore à température ambiante. Instable, au contact de l'air, il se transforme en dioxyde d'azote NO₂.

Le dioxyde d'azote n'est pas une espèce moléculaire pure, mais est plus ou moins polymérisé en dimère N₂O₄ à température ordinaire. C'est un gaz de couleur rouge brun et d'odeur très irritante. Le dioxyde d'azote est hydrosoluble et donne par réaction avec l'eau, des acides nitreux HNO₂ et nitrique HNO₃.

Valeurs limites pour la protection de la santé humaine :

- **centile 98** (soit 175 heures de dépassement autorisées par année civile de 365 jours), calculé à partir des valeurs moyennes par heure ou par périodes inférieures à l'heure, prises sur toute l'année, **égal à 200 µg/m³**. Cette valeur limite est applicable jusqu'au 31 décembre 2009 ;
- **centile 99,8** (soit 18 heures de dépassement autorisées par année civile de 365 jours), calculé à partir des valeurs moyennes par heure ou par périodes inférieures à l'heure, prises sur toute l'année, **égal à 200 µg/m³**. Cette valeur limite est applicable à compter du 1^{er} janvier 2010. Avant cette date, la valeur limite

applicable est la valeur de 2010 augmentée des marges de dépassement suivantes :

année civile considérée	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
marge de dépassement	80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

- **Moyenne annuelle : 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.** Cette valeur est applicable à compter du 1^{er} janvier 2010. Avant cette date, la valeur limite applicable est la valeur de 2010 augmentée des marges de dépassement suivantes :

année civile considérée	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
marge de dépassement	16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

- **Valeur limite pour la protection de la végétation : 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** en moyenne annuelle d'oxydes d'azote, estimée à plus de 20 kilomètres des agglomérations de plus de 250 000 habitants ou de 5 kilomètres d'une autre zone construite, d'une installation industrielle ou d'une autoroute. Les oxydes d'azote sont la somme du monoxyde d'azote et du dioxyde d'azote, additionnés en parties par billion et exprimés en équivalent dioxyde d'azote en microgrammes par mètre cube. »

Ozone

La Terre est entourée d'une couche atmosphérique naturellement riche en ozone qui filtre les rayons solaires ultraviolets B, et permet ainsi la vie sur notre planète. Selon certaines observations, cette couche protectrice localisée à haute altitude, tend à s'amenuiser depuis quelques dizaines d'années, sous l'action destructrice de composés chimiques de synthèse tels que les chlorofluorocarbones (CFC).

Au niveau du sol, l'air contient naturellement peu d'ozone. Toutefois, en atmosphère polluée, l'ozone en excès peut présenter des effets indésirables sur la santé et la nature. Depuis le début du 20^{ème} siècle, les niveaux d'ozone ont été multipliés par quatre dans l'hémisphère nord.

L'ozone n'est pas rejeté directement dans l'air, mais se forme par réaction chimique entre des gaz précurseurs d'origine automobile et industrielle (oxydes d'azote NOx, composés organiques volatils COV, monoxyde de carbone CO).

Les réactions de production d'ozone sont amplifiées par les rayons solaires ultraviolets : l'ozone est un indicateur majeur du smog photochimique, composé de divers polluants oxydants.

Les zones urbaines et périurbaines, lieux de rejets gazeux polluants automobiles et industriels, sont concernées par la pollution due à l'ozone. Les pointes de pollution sont souvent plus élevées en banlieue qu'en centre ville, où l'ozone est partiellement détruit par le monoxyde d'azote NO des gaz d'échappement.

Dans les zones rurales situées sous les vents par rapport aux rejets de polluants précurseurs, l'ozone peut s'accumuler progressivement dans les masses d'air. A la montagne, le fort rayonnement ultraviolet participe à l'augmentation des concentrations atmosphériques d'ozone.

Issu du mot grec ozein "exhaler une odeur", le nom "ozone" désigne un gaz d'odeur caractéristique. Composé de trois atomes d'oxygène, sa formule chimique est O₃. Gaz instable, l'ozone se dissocie lentement à température ambiante. L'oxygène atomique O alors produit est un oxydant très puissant, notamment des matières organiques, ce qui confère à l'ozone sa nocivité.

Valeurs limites :

année civile considérée	2010 et au delà¹
valeur limite pour la protection de la santé humaine (maximum journalier de la moyenne sur 8 heures)²	120 µg/m ³
	25 jours de dépassement autorisés par année civile, (moyenne calculée sur 3 ans)
valeur limite pour la protection de la végétation (AOT40, calculée à partir de valeurs moyennes horaires mesurées de mai à juillet)	18 000 (µg/m ³) . h (moyenne calculée sur 5 ans)

Particules en suspension

Les particules en suspension dans l'air, encore appelées aérosol, sont constituées de substances solides et/ou liquides présentant une vitesse de chute négligeable. Minérales ou organiques, composés de matière vivante (pollens...) ou non, grosses ou fines, les particules en suspension constituent un ensemble extrêmement hétérogène de polluants dont la taille varie de quelques dixièmes de nanomètres à une centaine de micromètres.

A l'échelle mondiale, les particules en suspension sont principalement d'origine naturelle (embruns océaniques, éruptions volcaniques, feux de forêts et érosion éolienne des sols).

Certaines activités humaines génèrent aussi des particules en suspension. La combustion de combustibles fossiles (charbons, fiouls....) et de déchets produit des particules de deux natures : les cendres minérales et les imbrûlés carbonés. Des particules sont ainsi rejetées par les installations de chauffage domestique et urbain,

¹ La conformité avec les valeurs cibles sera évaluée à partir de cette date. Autrement dit, 2010 sera la première année dont les données seront utilisées pour calculer la conformité sur les 3 ou 5 années suivantes, selon le cas.

² Le maximum journalier de la moyenne sur 8 heures est sélectionné après examen des moyennes glissantes sur huit heures, calculées à partir des données horaires et actualisées toutes les heures. Chaque moyenne sur huit heures ainsi calculée est attribuée au jour où elle s'achève, autrement dit, la première période considérée pour le calcul sur un jour donné sera la période comprise entre 17 heures la veille et 1 heure le jour même; la dernière période considérée pour un jour donné sera la période comprise entre 16 heures et minuit le même jour.

les centrales électriques, les usines d'incinération des déchets et les véhicules à moteur, notamment diesel. Certains procédés industriels, tels la fabrication de ciments et d'engrais, la métallurgie, l'extraction de minerais ou la manutention et le transport de matériaux pulvérulents produisent des particules.

Depuis une quinzaine d'années, les émissions françaises de particules ont baissé de moitié, du fait de l'utilisation croissante des chauffages électriques et au gaz, du développement des centrales électriques nucléaires au détriment des centrales thermiques et de l'installation des dispositifs de dépoussiérage des rejets industriels. Sur cette période, les rejets de particules par les transports routiers ont toutefois doublé, en lien avec l'extension du parc de véhicules, notamment diesel.

Les particules diesel sont ultra-fines, avec un diamètre moyen compris entre 0,1 et 0,5 µm. Elles sont composées d'agrégats de microsphères carbonées (suie) sur lesquelles sont adsorbées des molécules organiques très variées (hydrocarbures aliphatiques, aromatiques mono- et polycycliques, acides, aldéhydes...) et des molécules minérales (acide sulfurique principalement).

Valeurs limites³ pour la protection de la santé utilisées pour les concentrations de particules en suspension de diamètre aérodynamique inférieur à 10 micromètres :

- **centile 90,4** (soit 35 jours de dépassement autorisés par année civile de 365 jours) des concentrations moyennes journalières sur l'année civile : **50 µg/m³**. Cette valeur est applicable à compter du 1^{er} janvier 2005. Avant cette date, la valeur limite applicable est la valeur de 2005 augmentée des marges de dépassement suivantes :

année civile considérée	2002	2003	2004
marge de dépassement	15 µg/m ³	10 µg/m ³	5 µg/m ³

- **Moyenne annuelle : 40 µg/m³**. Cette valeur est applicable à compter du 1^{er} janvier 2005. Avant cette date, la valeur limite applicable est la valeur de 2005 augmentée des marges de dépassement suivantes :

année civile considérée	2002	2003	2004
marge de dépassement	4 µg/m ³	3 µg/m ³	1 µg/m ³

Dioxyde de soufre

³ Elles ne s'appliquent qu'à la part des concentrations non liées à des événements naturels. On définit par « événements naturels » les événements suivants : éruptions volcaniques, activités sismiques, activités géothermiques, feux de terres non cultivées, vents violents ou resuspension atmosphérique ou transport de particules naturelles provenant de régions désertiques

Au début de ce siècle, les grands centres industriels et urbains se sont trouvés confrontés aux premiers épisodes aigus de pollution atmosphérique, qui se sont parfois traduits par une hausse brutale du nombre de maladies respiratoires et de décès.

En France et dans d'autres pays, des politiques de prévention de la pollution atmosphérique ont été motivées par ces événements, imputés à un mélange de polluants où dominait le dioxyde de soufre.

Le dioxyde de soufre provient principalement de la combustion des combustibles fossiles (charbons, fiouls...), au cours de laquelle les impuretés soufrées contenues dans les combustibles sont oxydées par l'oxygène de l'air O₂ en dioxyde de soufre SO₂.

Ce polluant gazeux est ainsi rejeté par de multiples petites sources (installation de chauffage domestique, véhicules à moteur diesel...) et par des sources ponctuelles plus importantes (centrales de production électrique ou de vapeur, chaufferies urbaines...). Certains procédés industriels produisent également des effluents soufrés (production d'acide sulfurique, raffinage de pétrole, métallurgie des métaux non ferreux...).

Dans certaines régions de la planète, les éruptions volcaniques représentent une part très importante des rejets de dioxyde de soufre.

Depuis une vingtaine d'années, les émissions européennes de dioxyde de soufre sont en baisse. La diminution des consommations de combustibles fossiles et l'utilisation croissante de combustibles à basse teneur en soufre et de l'énergie nucléaire ont largement contribué à cette baisse des rejets polluants. En France, environ 1,5 million de tonnes de dioxyde de soufre sont émises dans l'atmosphère chaque année.

En France, l'atmosphère présente généralement des teneurs moyennes en dioxyde de soufre inférieures à 5 µg/m³. Toutefois, dans les régions situées sous les vents d'établissements industriels émetteurs, des taux de pollution soufrée plus élevés peuvent être mesurés.

En ville, les abords des voies de circulation sont également touchés par la pollution soufrée, notamment lorsque la fréquentation des véhicules diesel y est élevée.

Composé d'un atome de soufre et de deux atomes d'oxygène, le dioxyde de soufre SO₂ est un gaz incolore, d'odeur piquante très irritante, plus lourd que l'air. Il est hydrosoluble et donne par réaction avec l'eau, des acides sulfureux H₂SO₃ et sulfurique H₂SO₄.

Valeurs limites pour la protection de la santé humaine :

- **Centile 99,7** (soit 24 heures de dépassement autorisées par année civile de 365 jours) des concentrations horaires : **350 µg/m³**. Cette valeur est applicable à compter du 1^{er} janvier 2005. Avant cette date, la valeur limite applicable est la valeur de 2005 augmentée des marges de dépassement suivantes :

année civile considérée	2002	2003	2004
marge de dépassement	90 µg/m ³	60 µg/m ³	30 µg/m ³

- **Centile 99,2** (soit 3 jours de dépassement autorisés par année civile de 365 jours) des concentrations moyennes journalières : **125 µg/m³**.

Valeur limite pour la protection des écosystèmes :

- **20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle et 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne sur l'hiver** (du 1^{er} octobre au 31 mars), estimées à plus de 20 kilomètres des agglomérations de plus de 250 000 habitants ou de 5 kilomètres d'une autre zone construite, d'une installation industrielle ou d'une autoroute. »