



**Association pour la mesure de la
pollution atmosphérique de l'Auvergne**



Campagne mobile de mesure des polluants atmosphériques

**Centre
d'Enfouissement
Technique de
Clermont-Ferrand**



Atmo Auvergne

21 Allée Évariste Galois
La Pardieu

63170 AUBIÈRE

Tél. : 04 73 34 76 34

Fax : 04 73 34 33 56

Mél : contact@atmoauvergne.asso.fr

Site Internet : <http://www.atmoauvergne.asso.fr>

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	3
1. DEROULEMENT DE LA CAMPAGNE DE MESURE	4
1.1. <i>Généralités sur la pollution atmosphérique</i>	<i>4</i>
1.2. <i>Contexte géographique</i>	<i>5</i>
1.3. <i>Site de mesure de la campagne</i>	<i>5</i>
1.4. <i>Sites fixes de l'agglomération clermontoise</i>	<i>6</i>
1.5. <i>Description du laboratoire mobile</i>	<i>6</i>
1.6. <i>Pourcentage de fonctionnement des analyseurs</i>	<i>7</i>
2. RESULTATS DU LABORATOIRE MOBILE	7
2.1. <i>Contexte météorologique</i>	<i>7</i>
2.2. <i>Résultats du laboratoire mobile</i>	<i>8</i>
CONCLUSION	13
ANNEXE I <i>Résultats du laboratoire mobile</i>	<i>14</i>
ANNEXE II <i>Le cadre réglementaire</i>	<i>24</i>
ANNEXE III <i>Les techniques de mesure</i>	<i>26</i>
ANNEXE IV <i>Les polluants mesurés, leurs effets sur la santé humaine et sur l'environnement</i>	<i>29</i>
ANNEXE V <i>Emplacements des plaquettes</i>	<i>32</i>

INTRODUCTION

A la demande de Clermont Communauté, une campagne de mesure de la qualité de l'air a été menée à l'aide du laboratoire mobile d'Atmo Auvergne au Centre d'Enfouissement Technique (C.E.T.) de Clermont-Ferrand, situé à l'Est de l'agglomération, sur la commune de Clermont-Ferrand. Les mesures ont été réalisées du 11 septembre au 10 octobre 2006, la remorque laboratoire étant implantée à l'entrée du centre, le long des grilles du méthanier. Des relevés de poussières sur plaquettes ont complété cette campagne, avec 10 sites de prélèvement pendant 5 semaines. Cette étude a pour but d'estimer la qualité de l'air sur ce site et prolonge les relevés effectués en avril 2002.

1. DEROULEMENT DE LA CAMPAGNE DE MESURE

1.1. Généralités sur la pollution atmosphérique

Les processus qui régissent la pollution atmosphérique s'échelonnent en plusieurs étapes. Tout d'abord s'effectue l'émission des polluants, rapidement suivie de leur dispersion puis de la phase de transformation chimique, qui a lieu au sein même de l'atmosphère.

Les émissions de polluants ont une forte influence sur la qualité de l'air. Les polluants primaires, dont les NO_x, le SO₂, le CO, les poussières et les Composés Organiques Volatils (regroupant de nombreux composés dont les Benzène, Toluène et Xylènes), sont directement émis dans l'atmosphère. Ils proviennent aussi bien des sources fixes (chauffages urbains, activités industrielles, domestiques ou agricoles) que des sources mobiles, en particulier les automobiles. La production de polluants primaires diminue en été car les chauffages ne fonctionnent pas et la circulation automobile s'allège dans les centres-villes.

Le phénomène de dispersion, c'est-à-dire le déplacement des polluants depuis la source, est primordial puisqu'il détermine l'accumulation d'un polluant ou sa dilution dans l'atmosphère. La dispersion dépend de plusieurs paramètres dont le climat et la topographie locale (altitude, relief, cours d'eau...). Elle diffère selon le lieu : plaine, vallée plus ou moins encaissée, sommet de colline ou de montagne. Deux types de dispersion peuvent être distingués : verticale, liée au gradient vertical de température de la troposphère (basse couche de l'atmosphère) et horizontale, liée aux vents, gradient de pression. Ainsi, une situation anticyclonique, avec de très faibles vents, favorise des niveaux de pollution élevés car elle entraîne une accumulation des gaz. L'inversion du gradient thermique vertical, observable fréquemment en hiver à Clermont-Ferrand, induit les mêmes conséquences. A l'inverse, une situation dépressionnaire permet une bonne dilution des polluants, d'autant plus que la pluie lessive l'atmosphère, entraînant le dépôt de ceux-ci.

Au cours de la dispersion, les polluants peuvent se transformer par réactions chimiques complexes pour former les polluants secondaires tels que l'ozone. Sa production nécessite un fort rayonnement solaire et la présence de certains précurseurs, comme les C.O.V.. Des réactions mêlant polluants primaires et secondaires se produisent, la plus courante étant la réaction réversible entre l'ozone et les oxydes d'azote ($\text{NO} + \text{O}_3 \leftrightarrow \text{O}_2 + \text{NO}_2$) qui a lieu en présence de lumière et pour de fortes concentrations en NO. Cette réaction explique les concentrations en ozone plus fortes en zone rurale qu'en ville. De même, la teneur en ozone dans les agglomérations faiblit pendant les heures où le trafic est important. A contrario, les stations périurbaines, situées sous le vent de la ville, connaissent les pointes maximales d'ozone, car en l'absence d'émissions importantes d'oxydes d'azote, les masses d'air polluées transportées s'enrichissent en ozone.

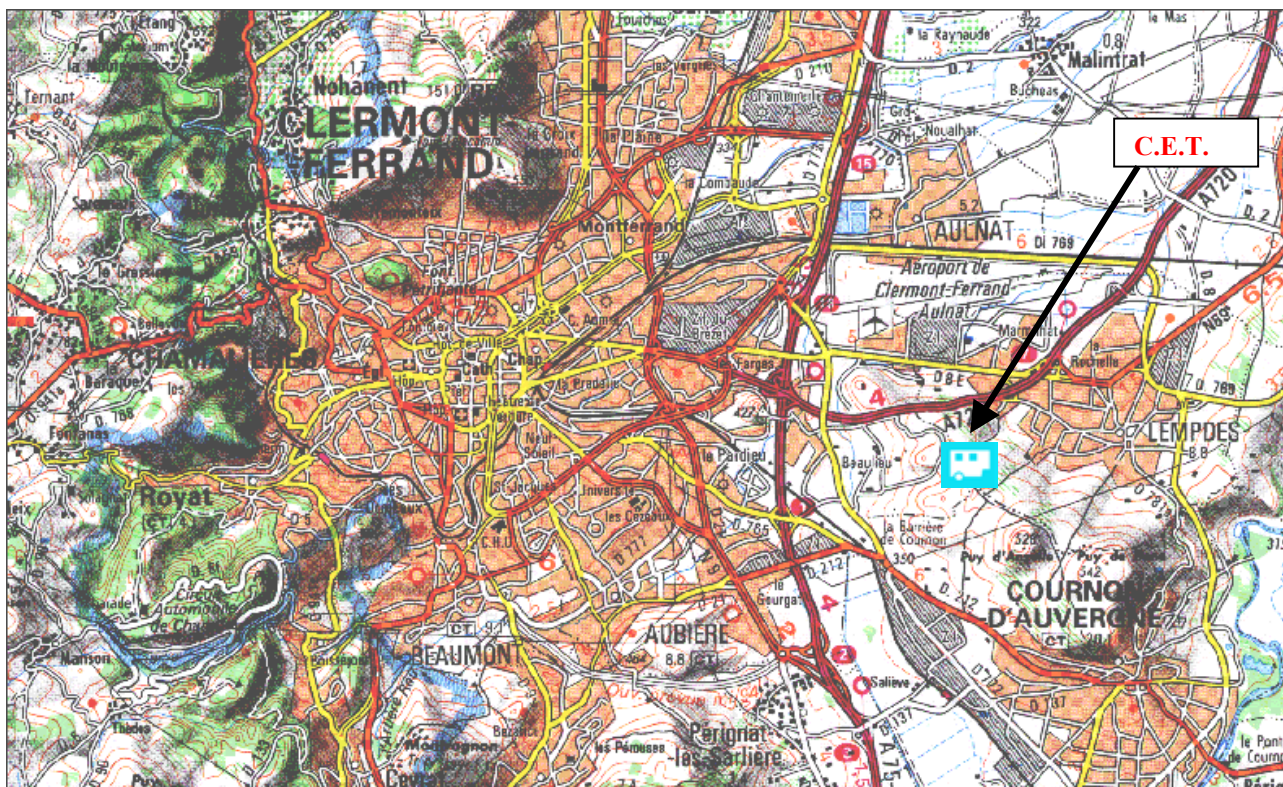
Malgré toutes ces réactions, les évolutions temporelles des gaz sont liées entre elles. En effet, les teneurs en oxydes d'azote, monoxyde de carbone et poussières varient en phase car la principale source d'émission en Auvergne reste la circulation automobile. Les variations de concentration de l'ozone, inverses de celles des polluants précédents, constituent un phénomène classique.

Des précisions sur l'origine des polluants mesurés, ainsi que leurs effets sur la santé humaine et la végétation sont présentés dans l'annexe IV.

1.2. Contexte géographique

La configuration topographique clermontoise est en demi-cuvette. A l'Ouest, la chaîne des monts Dômes culmine à 1 465 m alors que l'Est s'ouvre sur une plaine à 300 m d'altitude. Le fort dénivelé caractérisant l'agglomération clermontoise (Clermont-Ferrand à 400 m et Orcines à 780 m) est un facteur aggravant pour la pollution atmosphérique car il empêche la dispersion des polluants. De plus, l'agglomération se trouve en situation de föhn¹ par rapport aux masses d'air océanes en provenance de l'Ouest, d'où de faibles précipitations et un vent dominant très modéré de secteur Sud. Le dénivelé génère également de fréquentes inversions de températures (d'où une accumulation des polluants sur la ville) et des coulées d'air froid en provenance des sommets, ce qui rend encore plus durables et intenses les inversions.

Le C.E.T. se trouve à l'extrême Est de l'agglomération clermontoise, adossé à Puy Long (443 m), le site est relativement dégagé et donc moins concerné par l'effet cuvette que le centre de l'agglomération.



1.3. Site de mesure de la campagne

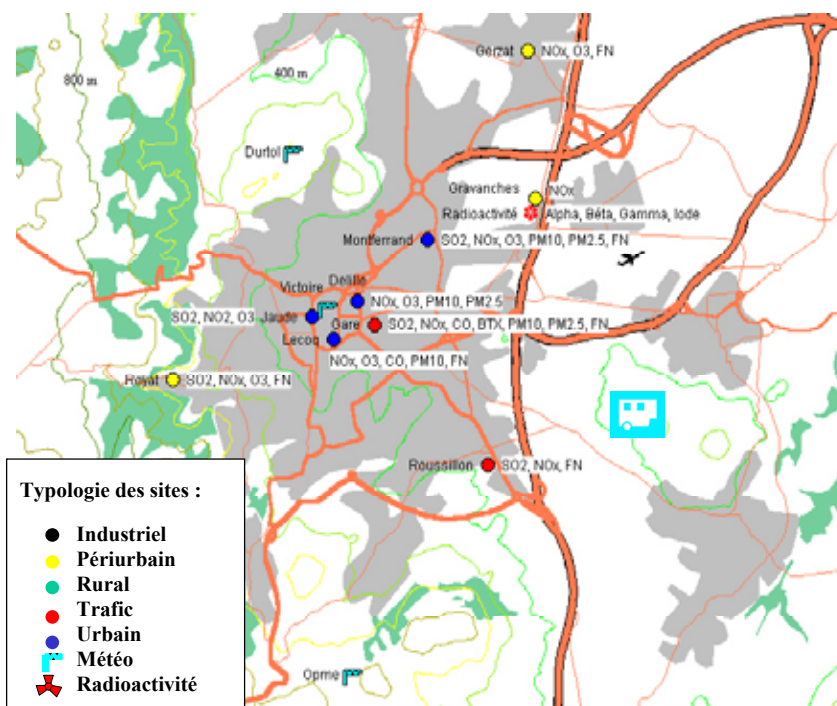
Le laboratoire mobile a été installé au C.E.T., sur la plate-forme située à proximité de l'accueil, au même emplacement que lors de l'étude de 2002. Les relevés ont débuté le 11 septembre pour se terminer le 10 octobre 2006, soit 1 mois de mesures.

¹L'air montant sur le relief est soulevé et il se condense, créant un nuage. A l'arrivée au sommet, il pleut, la quantité d'eau dans le nuage diminue. Un air plus sec redescend, se réchauffant plus vite.

1.4. Sites fixes de l'agglomération clermontoise

L'agglomération clermontoise dispose de 9 stations de mesure et de 3 sites météorologiques:

- 2 stations trafic : Gare et Roussillon, en proximité automobile, présentent les maxima en polluants primaires,
- 3 stations urbaines : Montferrand, Delille et Lecoq, mesurent le niveau moyen de pollution auquel la population de Clermont-Ferrand est soumise,
- 3 stations périurbaines : Gravanches, Gerzat et Royat,
- 1 D.O.A.S. (Differential Optical Absorption Spectroscopy - Spectrométrie d'Absorption Différentielle Optique), installé au-dessus de la Place de Jaude, ce système permet de mesurer simultanément 3 polluants.



1.5. Description du laboratoire mobile

Le laboratoire mobile est une remorque routière de 2,5 tonnes qui comporte différents analyseurs couramment utilisés sur les sites fixes.

Les caractéristiques du laboratoire mobile sont détaillées dans le tableau suivant :

POLLUANT MESURÉ	PRINCIPE DE MESURE
Ozone	Absorption UV
Particules en suspension (PM 10)	Micro-pesée
Oxydes d'azote	Chimiluminescence
Dioxyde de soufre	Fluorescence UV
Monoxyde de carbone	Absorption IR
Benzène Toluène Xylène	Chromatographie en phase gazeuse

Remarque : Les techniques de mesure sont explicitées en annexe III.

La remorque est également équipée d'un module météorologique fixé sur un mât télescopique de 10 mètres. Ce module comprend :

- un anémomètre-girouette mesurant la direction et la vitesse du vent,
- une sonde de température protégée par une tête à coupelles.

Les mesures sont enregistrées par la station d'acquisition de la remorque et transférées au poste central d'Atmo Auvergne par un système GSM.

1.6. Pourcentage de fonctionnement des analyseurs

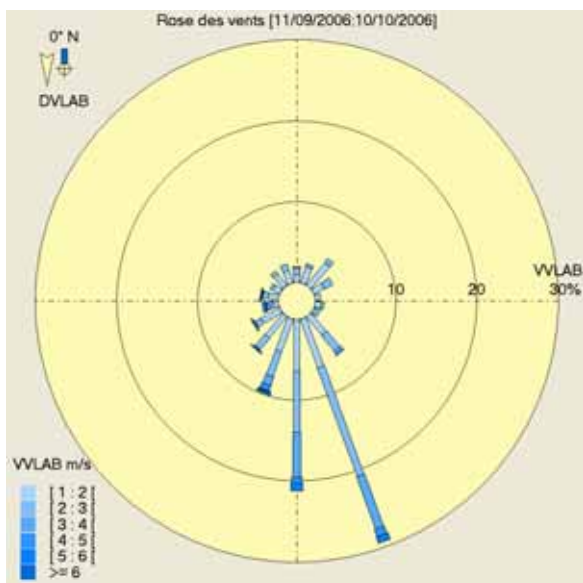
Plusieurs types de problèmes sont régulièrement rencontrés lors de l'utilisation du laboratoire mobile, comme des pannes d'analyseurs ou des coupures électriques. Cela se traduit par une baisse du pourcentage de données valides. Concernant la campagne réalisée au C.E.T., plusieurs problèmes ont été enregistrés, d'où un pourcentage de validité pour les données de base (1/4 horaire) oscillant entre 87 et 99 % selon l'analyseur, ce qui est juste satisfaisant. A noter que l'analyseur de BTX n'était pas en fonction puisqu'il était en réparation chez le fournisseur.

% validité analyseur	CO	NO_x	O₃	PS	SO₂	BTX	Paramètres Météo
C.E.T.	87	93	93	98	96	0	99

2. RESULTATS DU LABORATOIRE MOBILE

2.1. Contexte météorologique

L'influence de la météorologie sur une campagne de mesure est importante car elle peut induire une surestimation ou une sous-estimation de la pollution existante. Ses conséquences sont différentes selon les polluants. Pour l'ozone, les concentrations suivent généralement l'évolution des températures. La corrélation est plus forte en été quand les concentrations en ozone sont importantes. L'anti corrélation avec les concentrations en NO₂ est bien marquée, surtout dans les villes. Le vent, plus particulièrement sa force, peut avoir une influence remarquable sur les teneurs en oxydes d'azote et en poussières. Enfin, les précipitations provoquent un brassage et un lessivage des couches d'air, d'où une baisse des teneurs en polluants.



La campagne de mesure au C.E.T. a bénéficié d'une alternance de beau temps, presque chaud (27 °C le 12) et de passages pluvieux (du 14 au 18 septembre puis les 3 et 4 octobre). La seconde moitié de la période fut plus nuageuse. Les températures étaient clémentes pour la saison et ont variés entre 7 °C et 27 °C. Seules, les matinées des derniers jours étaient un peu plus fraîches. Le vent était généralement de secteur Sud, sa vitesse variant entre 0 et 8 m/s.

L'évolution des paramètres météorologiques pendant cette semaine est présentée en annexe I (graphique n° 1).

2.2. Résultats du laboratoire mobile

Les résultats du laboratoire sont comparés aux stations fixes de l'agglomération clermontoise, ainsi qu'aux normes européennes et aux valeurs recommandées par l'Organisation Mondiale de la Santé (présentées en annexe II), afin d'avoir une tendance générale du niveau de pollution mesuré.

- ◆ Les concentrations en **SO₂** relevées au C.E.T. sont très faibles, conformes aux niveaux enregistrés depuis plusieurs années dans l'agglomération, les moyennes journalières oscillant entre 0 et 8 µg/m³. Comme le montre le graphique n° 3, les valeurs horaires sont généralement inférieures à celles des stations urbaines de l'agglomération clermontoise, excepté lors de certains épisodes tels les 16 et 17 septembre ou le 2 octobre (maximum atteint 16 µg/m³). Les maxima horaires sont extrêmement faibles sur l'ensemble de la zone urbaine, le C.E.T. n'apportant aucun apport notable de SO₂.

SO ₂	Montferrand	Gare	C.E.T.
moyenne	1	0	1
maxi jour	5	3	8
maxi heure	14	8	16

La comparaison par rapport aux normes européennes et aux recommandations de l'O.M.S. montre que les valeurs en SO₂ ne nuisent pas à la santé de la population.

SO ₂	Centile 99,2 journalier	Maximum horaire
Droit français traduisant des directives européennes	125 µg/m ³	
Recommandations OMS		350 µg/m ³
Maxima relevés	8 µg/m ³ le 02/10/06	16 µg/m ³ le 02/10/06 à 12h

- ◆ Les concentrations en NO varient entre 0 et 13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les moyennes journalières, les moyennes horaires ayant atteint au maximum 54 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. La teneur moyenne sur toute la campagne de mesure est de 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Ces valeurs en NO sont faibles, nettement inférieures à celles relevées sur les sites fixes (Lecoq, Gare, Montferrand, Gerzat). Les valeurs les plus fortes, qui restent très modérées, sont généralement mesurées soit le matin (8-9 h) soit dans l'après-midi (15-17 h). L'entrée et la sortie des camions sur le site sont probablement responsables de ces hausses ponctuelles mais de manière moins flagrante que ce qui avait été montré en 2002.

NO	Gerzat	Gare	Montferrand	Lecoq	C.E.T.
moyenne	11	49	11	9	3
maxi jour	32	90	43	25	13
maxi heure	273	357	301	205	54

- ◆ Comme pour le NO les concentrations en NO₂, indiquées dans le tableau suivant, sont inférieures aux niveaux des stations fixes, urbaines et périurbaines (graphique n° 4).

NO ₂	Montferrand	Lecoq	Gerzat	Gare	C.E.T.
moyenne	26	24	24	44	12
maxi jour	42	38	35	65	21
maxi heure	116	111	87	149	64

NO ₂	Maximum journalier	Percentile ¹ 98 horaire	Moyenne annuelle
Droit français traduisant des directives européennes		200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (valeur limite horaire)	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (objectif de qualité) ²
Recommandations OMS	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		
Maxima relevés	21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ le 26/09/06	37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (sur la campagne)	12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (sur la campagne)

¹ : Percentile 98 : valeur dépassée par 2 % des données

² : objectif de qualité : valeur que l'on doit s'efforcer d'atteindre.

Les valeurs recommandées par l'O.M.S. et les directives européennes sont largement respectées au C.E.T. Pendant la campagne, le maximum horaire en NO₂ a atteint 63 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ au C.E.T contre 87 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ à Gerzat, 111 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ à la station Lecoq, 116 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ à Montferrand, et 149 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ à la Gare. Pour ce polluant, également, l'impact du C.E.T. est quasiment nul.

- ◆ Les teneurs en CO mesurées au C.E.T. sont négligeables par rapport à celles des sites Lecoq et Gare de Clermont-Ferrand : la moyenne sur la campagne est de 65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ au laboratoire mobile (contre 177 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ à la station Lecoq et 622 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ à la Gare). Ce polluant est majoritairement émis par les installations de combustion et les camions amenant les déchets.

CO	Lecoq	Gare	C.E.T.
moyenne	177	622	65
maxi jour	311	916	145
maxi heure	1771	3227	464

CO	Maxi sur 8 h	Maximum sur 1 h	Maxi sur 30 mn	Maxi sur 15 mn
Droit français traduisant des directives européennes	10 000 µg/m ³	30 000 µg/m ³	60 000 µg/m ³	100 000 µg/m ³
Maxima relevés	300 µg/m ³ le 08/10/06	464 µg/m ³ le 08/10/06 à 12h	464 µg/m ³ le 08/10/06 à 12h	530 µg/m ³ le 26/09/06 à 20h45

Pour le CO, la concentration horaire recommandée est de 30 000 µg/m³. La valeur maximale relevée sur la période, loin d'atteindre les normes, avoisine 450 µg/m³. Les autres recommandations sont également respectées. Les valeurs en CO relevées sont faibles, largement sous les normes. L'impact du C.E.T. est négligeable pour ce polluant.

- ◆ Les teneurs en **poussières** relevées par le laboratoire mobile au C.E.T. présentent des pics horaires pouvant être très importants puisque dépassant 300 µg/m³. Ces variations sont indépendantes de l'évolution temporelle des concentrations enregistrées sur les stations fixes. Les valeurs relevées, aussi bien en ce qui concerne les moyennes que les maxima, sont plus importantes au C.E.T. que sur les sites clermontois, y compris le poste trafic de la Gare. Tout comme en 2002, ces pointes peuvent être attribuées par les entrées et sorties des camions du C.E.T.. Le site se comporte comme une station industrielle, avec des niveaux généralement faibles mais des pointes très fortes au moment de l'exploitation. Ces élévations des taux de particules génèrent des niveaux moyens supérieurs de 15 à 20 % à ceux de l'agglomération, par ailleurs très homogènes.

PM 10	Lecoq	Montferrand	Gare	<i>C.E.T.</i>
moyenne	16	18	18	21
maxi jour	28	32	30	82
maxi heure	83	98	62	333

PM 10	Moyenne journalière
Droit français traduisant des directives européennes	50 µg/m ³ (valeur limite à ne pas dépasser plus de 35 jours par an)
Centile 90.4 relevé	45 µg /m ³
Maximum relevé	82 µg/m ³ le 27/09/06

Les principales recommandations concernent la moyenne journalière. Elles ont été dépassées 2 journées et approchées à 2 autres reprises au cours de la campagne du C.E.T.. Ceci conduit à approcher la valeur limite journalière sur la période. Selon le bilan 2005, la recommandation européenne (50 µg/m³) a été dépassée 9 jours à la station trafic de la Gare, 4 jours à Lecoq et 1 à Delille. Mais cette valeur limite a également été dépassée 37 jours sur le site industriel des Ancizes. Etant donné les résultats ci-dessus, il est probable que ce seuil puisse être atteint au C.E.T..

- ◆ Les concentrations en **O₃** sont de l'ordre de celle de l'agglomération. La saison de mesure n'est traditionnellement pas une période propice à la formation d'ozone et l'on constate par conséquent logiquement des niveaux moyens. Les variations temporelles sont proches au laboratoire et sur les sites fixes, même si ces derniers connaissent des baisses plus importantes à certaines heures (essentiellement lors des pointes matinales en NO_x, précurseurs de l'O₃). En effet, les faibles niveaux en NO_x au C.E.T. favorisent des teneurs en O₃ plus élevées. Ce fait avait déjà été remarqué en 2002.

O ₃	Lecoq	Royat	Gerzat	Montferrand	<i>C.E.T.</i>
moyenne	46	54	42	41	55
maxi jour	81	83	77	80	87
maxi heure	113	108	105	117	113

Une comparaison avec les normes peut être faite.

O ₃	Protection végétation	Protection santé	Information Population	Alerte population
Droit français traduisant des directives européennes	65 µg/m ³ sur 1 jour 200 µg/m ³ sur 1 h	110 µg/m ³ sur 8h	180 µg/m ³ sur 1h	240 µg/m ³ sur 3h 300 µg/m ³ sur 3h 360 µg/m ³ sur 1h

O ₃	Maximum journalier	Maximum horaire	Maximum sur 8 h
Maxima relevés	87 µg/m ³ le 21/09/06	113 µg/m ³ le 12/09/06 à 12h	105 µg/m ³ le 13/09/06

Favorisée par des températures clémentes, la production d'ozone a été encore assez forte conduisant à des dépassement du seuil journalier de la protection de la végétation à 7 reprises pendant la première partie de la campagne. Les autres seuils n'ont pas été atteints. Sur le reste de l'agglomération, les niveaux d'O₃ étaient similaires. Des dépassements beaucoup plus nombreux sont enregistrés l'été, lorsque les conditions optimales de formation de ce polluant photochimique sont réunies.

- ◆ En complément des relevés du laboratoire mobile, des mesures d'empoussièrement ont été réalisées sur 10 emplacements pendant 5 semaines (mesures hebdomadaires). La disposition des plaquettes sur le site du C.E.T. est présentée dans l'annexe V.

Cette technique de mesure (norme AFNOR NF 43-007), rudimentaire et peu coûteuse, permet de caractériser le niveau d'empoussièrement d'une zone. Les poussières sont piégées sur des plaquettes siliconées (de taille connue), puis pesées par les techniciens de l'association.

La norme AFNOR considère 1 000 mg/m²/jour (30 g/m²/mois) comme limite entre les zones "fortement" et "faiblement" polluées. Une autre norme allemande considère le seuil de nuisance importante au-delà de 350 mg/m²/jour (10.5 g/m²/mois).

C.E.T. (g/m ² /mois)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Moyenne
11/09/06 - 18/09/06	11.5	5.3	4.6	45.4	19.3	4.8	6.9	1.7	6.9	1.5	10.8
18/09/06 - 25/09/06	50	4	7	6.3	3.8	4.3	4.2	2.1	6	3.7	9.1
25/09/06 - 02/10/06	36.3	2.8	5.2	1.7	2.1	28.2	0.4	16.1	0.3	n.d.	10.3
02/10/06 - 09/10/06	20.2	1.8	9.8	11.1	131.1	104.4	12.7	1.2	3.6	1.6	29.8
09/10/06 - 16/10/06	35.7	1.4	8.6	22.1	142.3	28.8	15.8	0.3	13.3	3.7	27.2
Moyenne	30.8	3.1	7	17.3	59.7	34.1	8	4.3	6	2.6	17.3

Le taux d'empoussièrement varie considérablement dans le temps et dans l'espace. Les semaines les plus polluées sont les deux dernières. La météorologie plus fraîche peut en partie expliquer ces résultats. Cependant, il est plus probable que l'activité du site soit responsable de ces différences. Ainsi sur les sites 5 et 6, positionnés au centre du C.E.T., ont été relevés des niveaux de poussières très forts en octobre (jusqu'à $142.3 \text{ g/m}^2/\text{mois}$). Par contre, certaines semaines, ces deux emplacements connaissent des taux d'empoussièrement faibles. Le site 1, à l'entrée du C.E.T. enregistre des concentrations élevées et régulières du fait du passage permanent des véhicules venant apporter les déchets. Ces trois emplacements (1, 5 et 6) peuvent être considérés comme fortement pollués selon la norme AFNOR. Ils se situent tous au centre du C.E.T., à proximité de la route et, par conséquent, des camions circulant de manière quasi continue.

La plaquette 4, dans une moindre mesure, connaît un taux d'empoussièrement assez élevé, supérieur en moyenne au seuil de nuisance, mais également variable dans le temps. Les autres emplacements, plus périphériques, sont beaucoup plus protégés de cette pollution particulière.

En conclusion, le niveau moyen d'empoussièrement du site est très élevé, surtout à proximité de la voie empreintée par les camions et du secteur d'activité principal. Ces résultats confirment ceux de l'étude menée en 2002 qui avait montré que les particules constituaient le seul réel problème en matière de qualité de l'air pour le C.E.T.

CONCLUSION

Une campagne de mesure de la qualité de l'air, réalisée à l'aide du laboratoire mobile d'Atmo Auvergne, a été mise en place du 11 septembre au 10 octobre 2006 à l'entrée du Centre d'Enfouissement Technique, le long des grilles du méthanier. Elle a été complétée par des mesures de poussières sur plaquettes du 11 septembre au 16 octobre en 10 emplacements du C.E.T.. Il s'agissait d'estimer l'impact sur la qualité de l'air des émissions du centre en complément de l'étude menée en 2002.

- ✓ En confirmation de ce qui avait été constaté en 2002, les valeurs relevées en CO et SO₂ sont faibles, largement sous les normes et inférieures aux relevés des stations fixes de mesure. Les concentrations en NO, bien que faibles en terme de moyenne, sont comparables aux niveaux de la plupart des stations fixes clermontoises. Les concentrations en NO₂ moyennes sont de 2 à 4 fois inférieures aux relevés dans l'agglomération. Les teneurs en O₃ sont comparables à celles enregistrées sur les stations périurbaines et dépassent certaines normes (protection de la végétation sur 24 heures), comme c'est le cas sur la majeure partie des stations fixes auvergnates, notamment celles en milieu périurbain ou rural. Pour tous ces polluants atmosphériques il est possible de considérer que l'impact de l'activité du C.E.T. est négligeable.
- ✓ Concernant les poussières, les résultats confirment également les mesures de 2002. Les PM 10 présentent de nombreux pics horaires, particulièrement élevés (jusqu'à 333 µg/m³ sur une heure). Les relevés indiquent que le site se comporte comme une station industrielle. L'activité du C.E.T. en est responsable, notamment les allers-retours des camions sur la zone. Alors qu'en 2002, était évoquée une forte probabilité de dépassements de seuil, sans en avoir clairement mesurés, de tels dépassements se sont bien produits lors de la présente campagne, confirmant ce qui avait été pressenti. Toujours comme en 2002, ces forts niveaux se retrouvent sur 3 à 4 emplacements (parmi les 10 étudiés) sur lesquels des mesures par plaquettes ont été réalisées. **Les concentrations hebdomadaires au cours des 5 semaines oscillent entre 0.3 et 142.3 g/m²/mois, alors que la norme AFNOR définit un site comme fortement pollué au-dessus de 30 g/m²/mois.** Ces concentrations font, par ailleurs, preuve d'une très grande variabilité spatio-temporelle.

Par conséquent, si les polluants habituellement mesurés (SO₂, NO_x, CO) présentent des niveaux de concentration au C.E.T. comparables, voire inférieurs, aux relevés des stations fixes, il ne faut pas négliger les résultats concernant les poussières, en confirmation de la campagne de 2002, d'après les mesures effectués à l'aide de deux techniques complémentaires. Un suivi régulier, pour mettre en avant une éventuelle évolution temporelle, peut être préconisé.

ANNEXE I

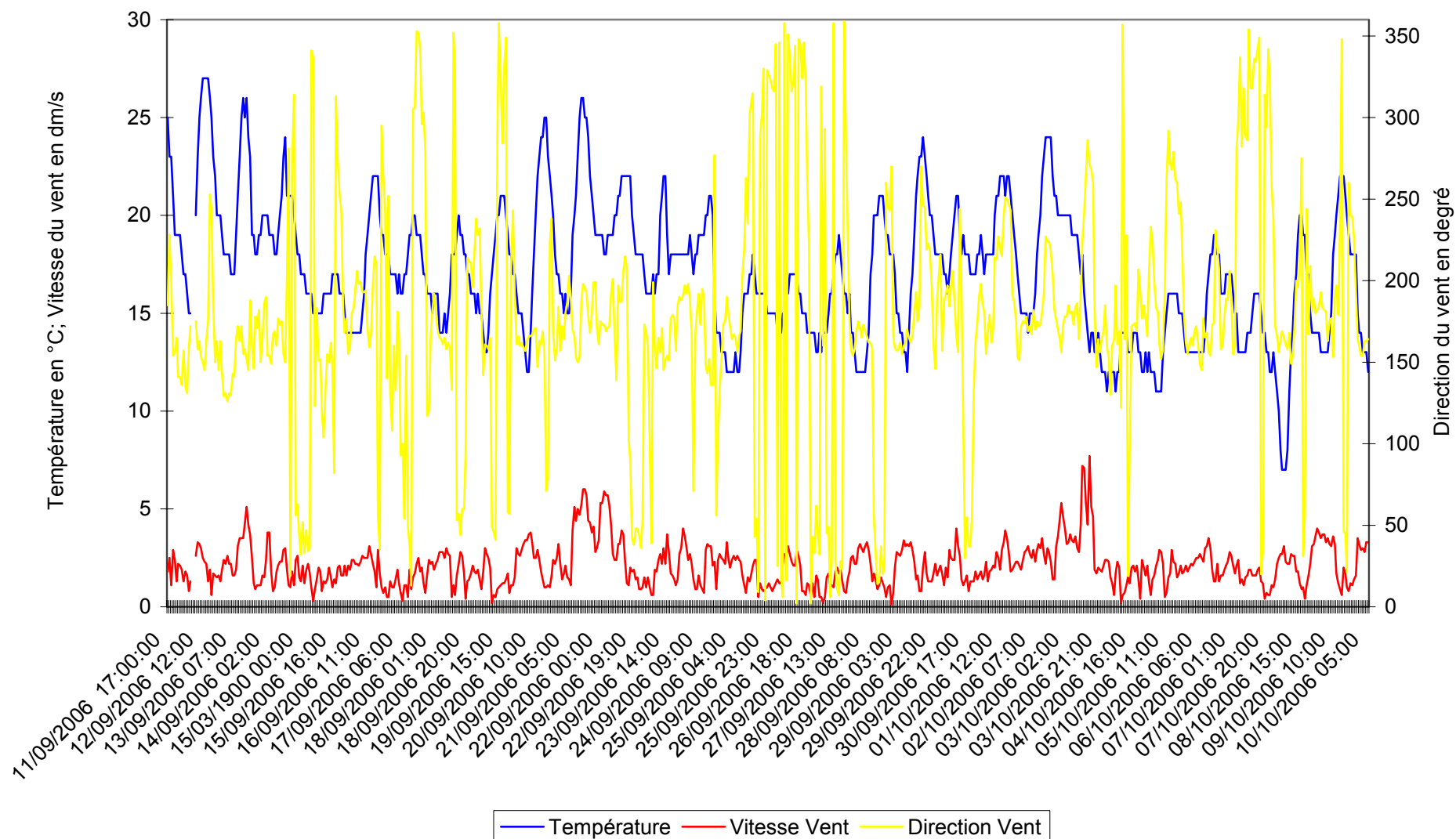
Résultats du laboratoire mobile

Concentrations journalières relevées lors de la campagne 2006 au C.E.T.

C.E.T.	NO	NO2	O3	CO	PM 10	SO2	Température	Vitesse du vent
Unité	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	°C	m/s
12/09/2006	1	8	86		21	0	22	1,7
13/09/2006	0	9	78	27	23	1	20	2,3
14/09/2006	1	15	65	80	11	0	19	0,9
15/09/2006	3	13	44	47	4	0	16	0,7
16/09/2006	0	8	45	67	9	3	18	1,4
17/09/2006	0	6	54	45	12	0	17	0,1
18/09/2006	5	13	38	53	15	1	17	1,1
19/09/2006	4	14	51	86	40	0	17	0,6
20/09/2006	0	9	53	81	15	0	18	2,3
21/09/2006	0	5	87	41	17	0	20	3,5
22/09/2006	0	12	74	102	27	0	20	2
23/09/2006	1	8	66	57	12	0	18	1,9
24/09/2006	0	4	78	60	10	0	17	1,7
25/09/2006	3	12	53	45	15	0	15	0,5
26/09/2006	13	21	47	95	30	0	15	1,5
27/09/2006	9	20	46	55	82	2	15	0,6
28/09/2006	3	18	40	93	72	0	16	1,1
29/09/2006	1	12	52	71	24	0	18	1,9
30/09/2006			51	25	13	0	18	1,3
01/10/2006					11		19	1,9
02/10/2006					12	8	19	2,8
03/10/2006	3	11	55	66	13	0	16	2,8
04/10/2006	5	16	40	58	11	1	13	1,3
05/10/2006	4	13	44	14	11	0	14	1,3
06/10/2006	1	9	44	89	8	0	16	2,1
07/10/2006	5	15	49	45	21	0	14	0,9
08/10/2006	0	9	41	145	11	0	14	1,9
09/10/2006	2	19	45	91	45	0	17	1,8
Moyenne	3	12	55	66	21	1	17	1,3
Maximum journalier	13	21	87	145	82	8	22	3,5
Maximum horaire	54	64	113	464	333	16	27	7,7

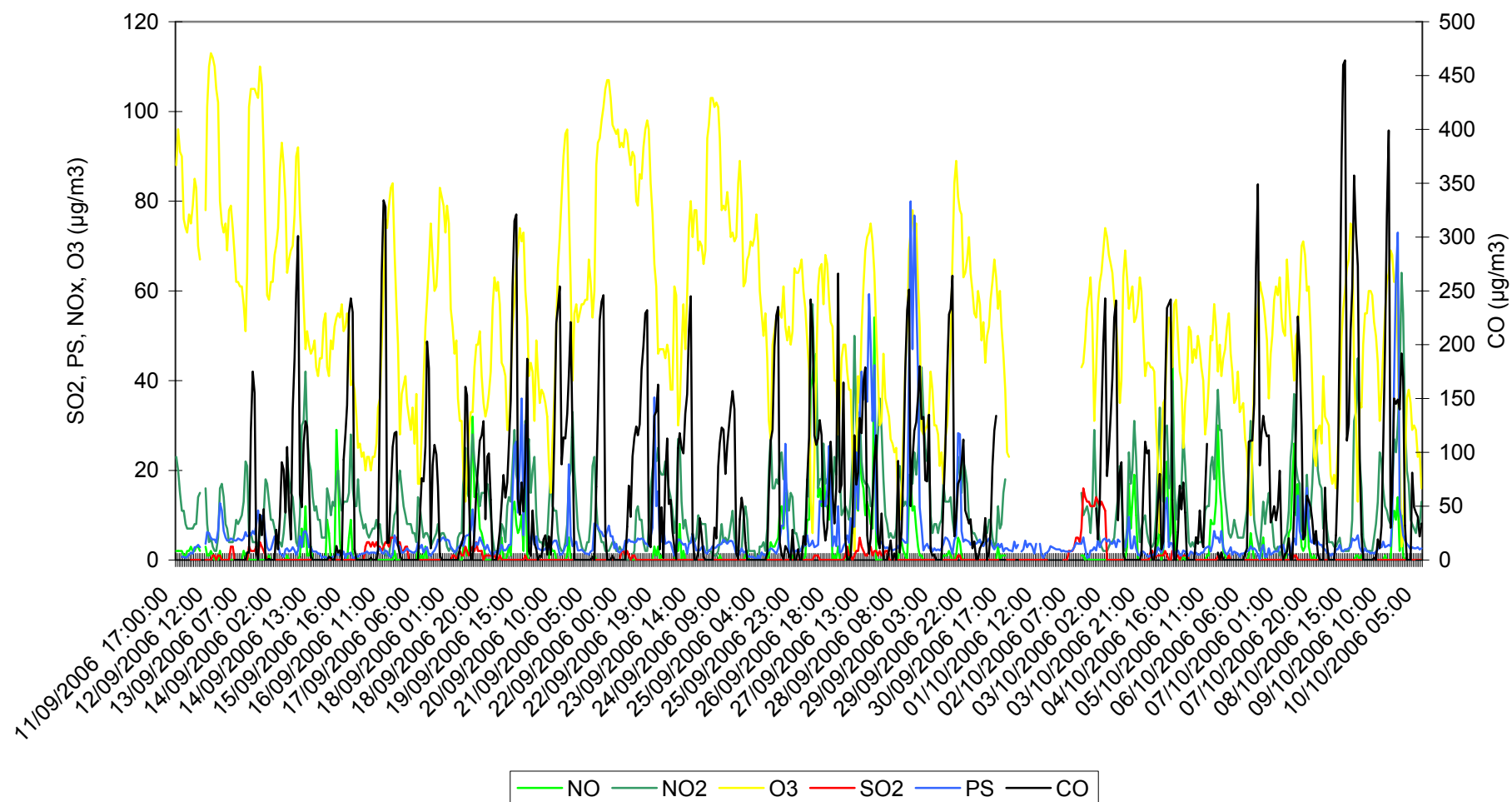
GRAPHIQUE 1

Evolution des paramètres météorologiques pendant la campagne du C.E.T (2006)



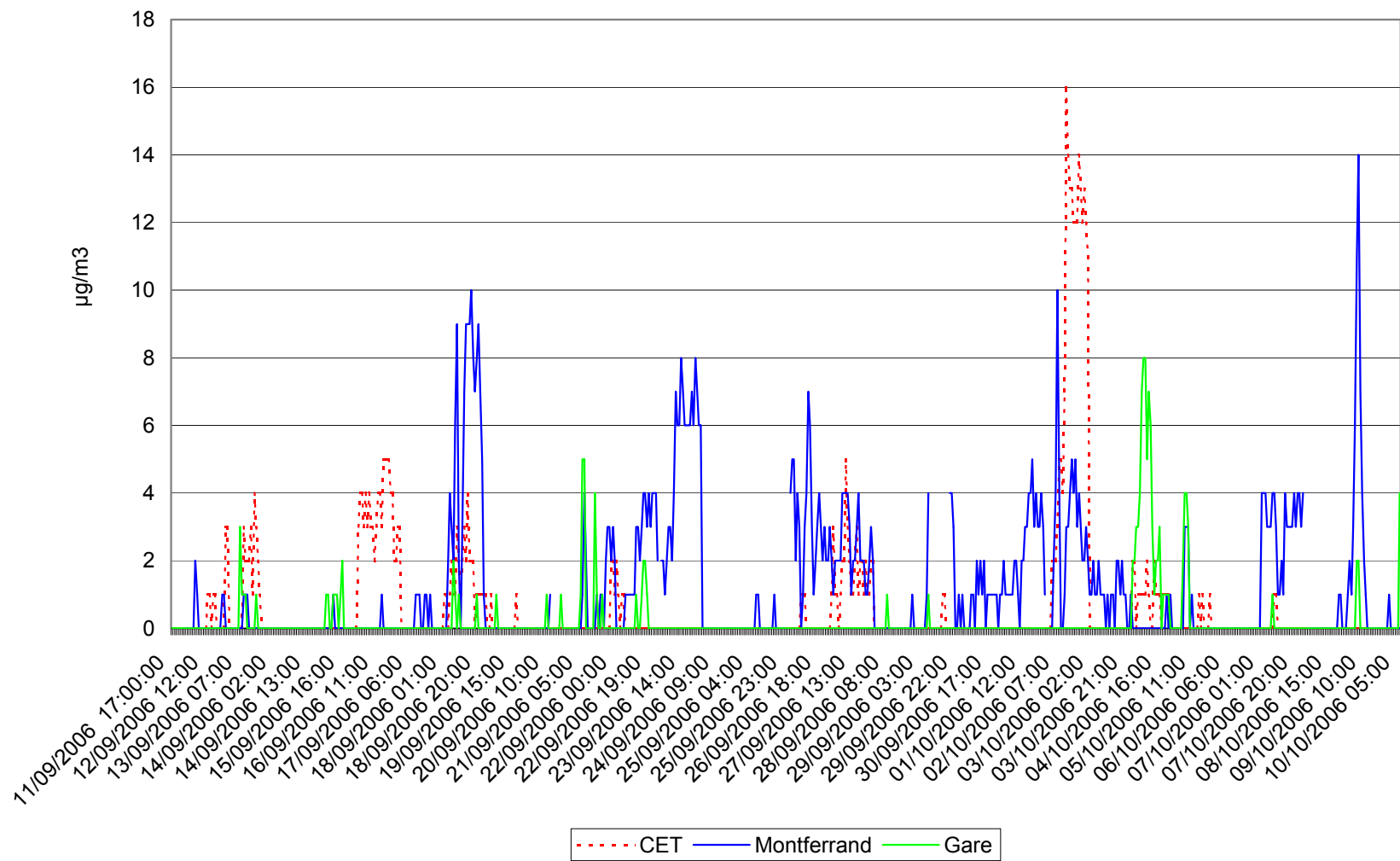
GRAPHIQUE 2

Evolution des concentrations en polluants pendant la campagne du C.E.T. (2006)



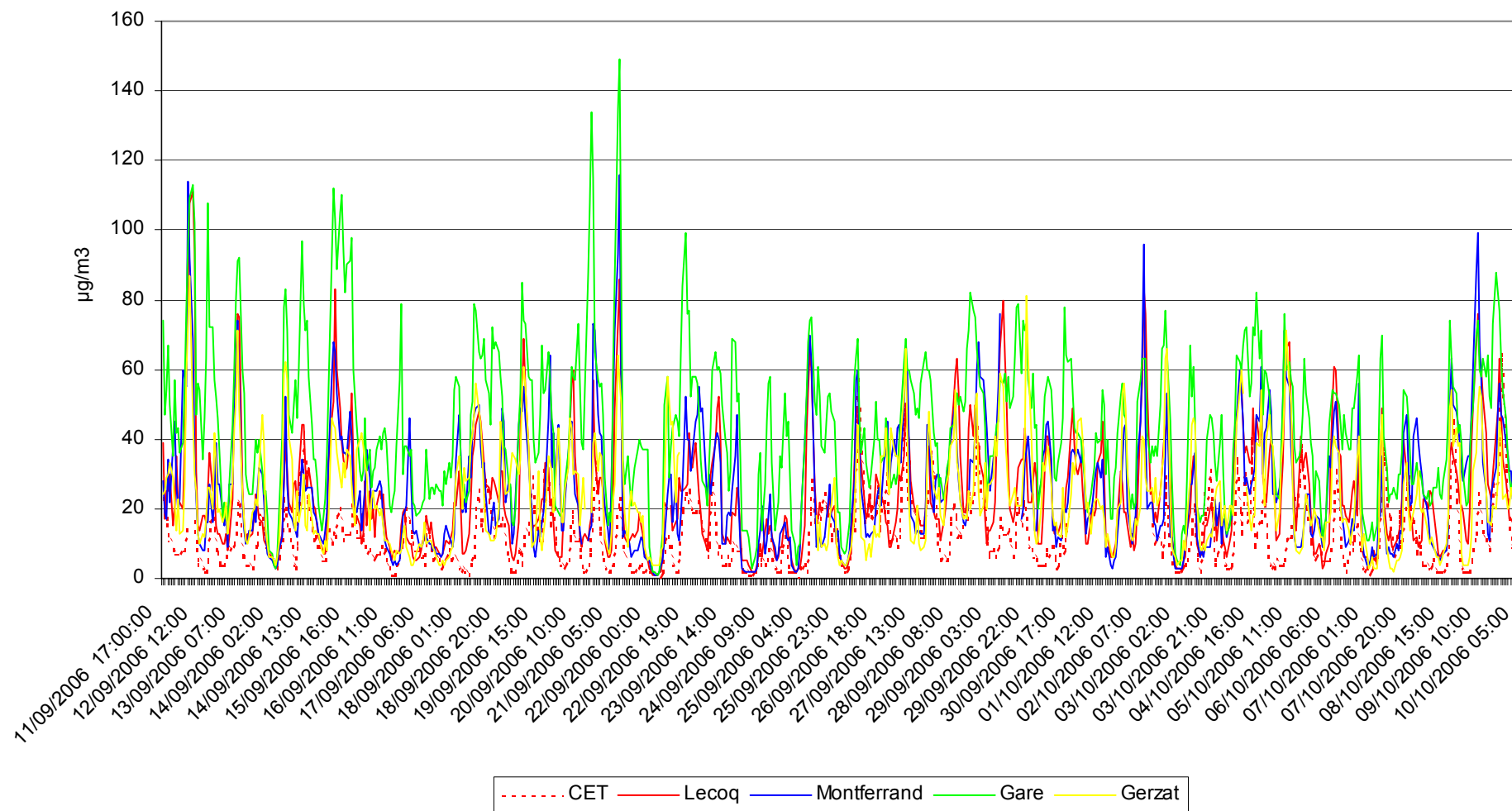
GRAPHIQUE 3

Evolution comparée des teneurs en SO₂ au C.E.T. et sur des sites fixes de l'agglomération clermontoise



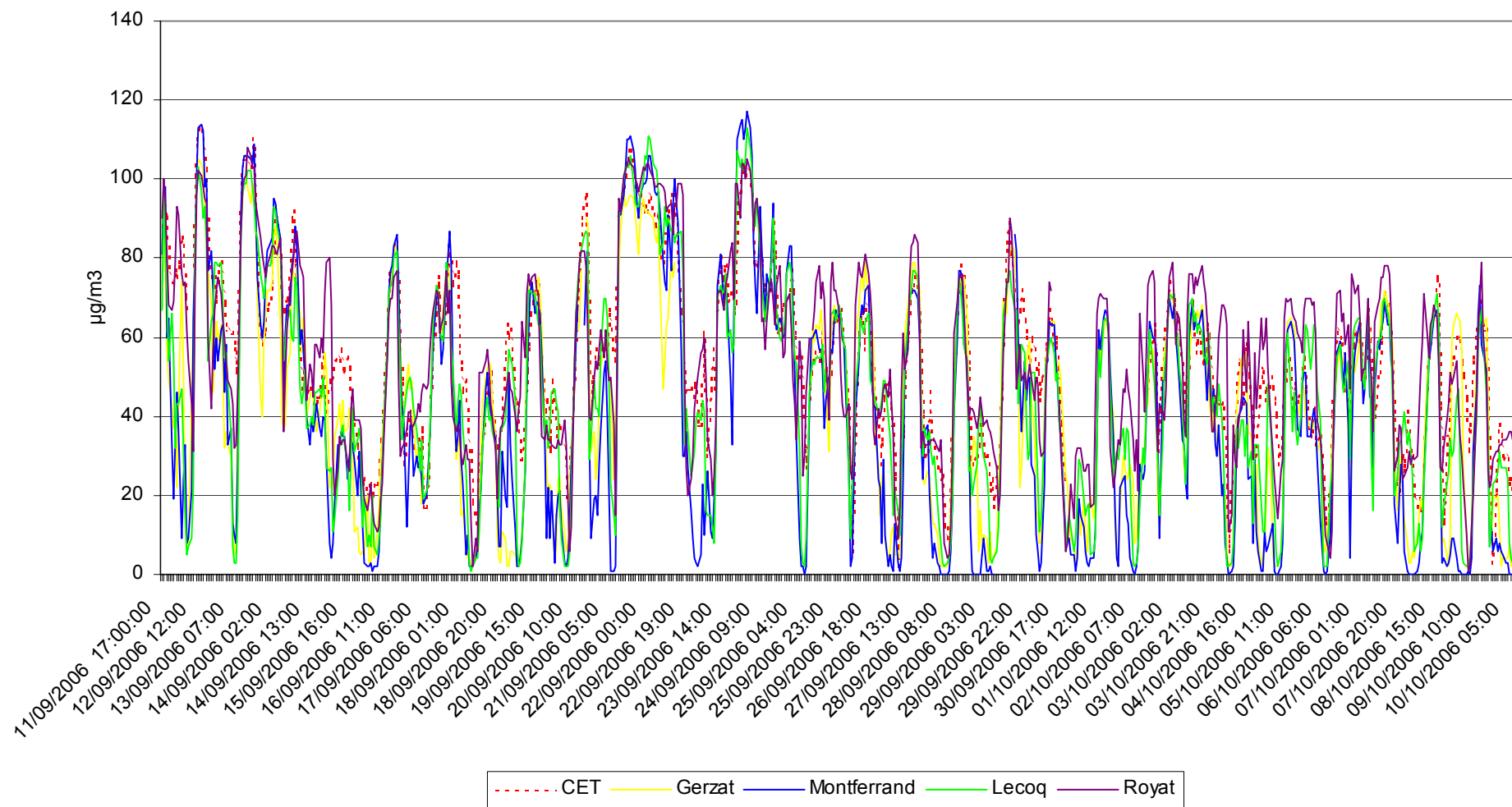
GRAPHIQUE 4

Evolution comparée des teneurs de NO₂ au C.E.T. et sur des sites fixes de l'agglomération clermontoise



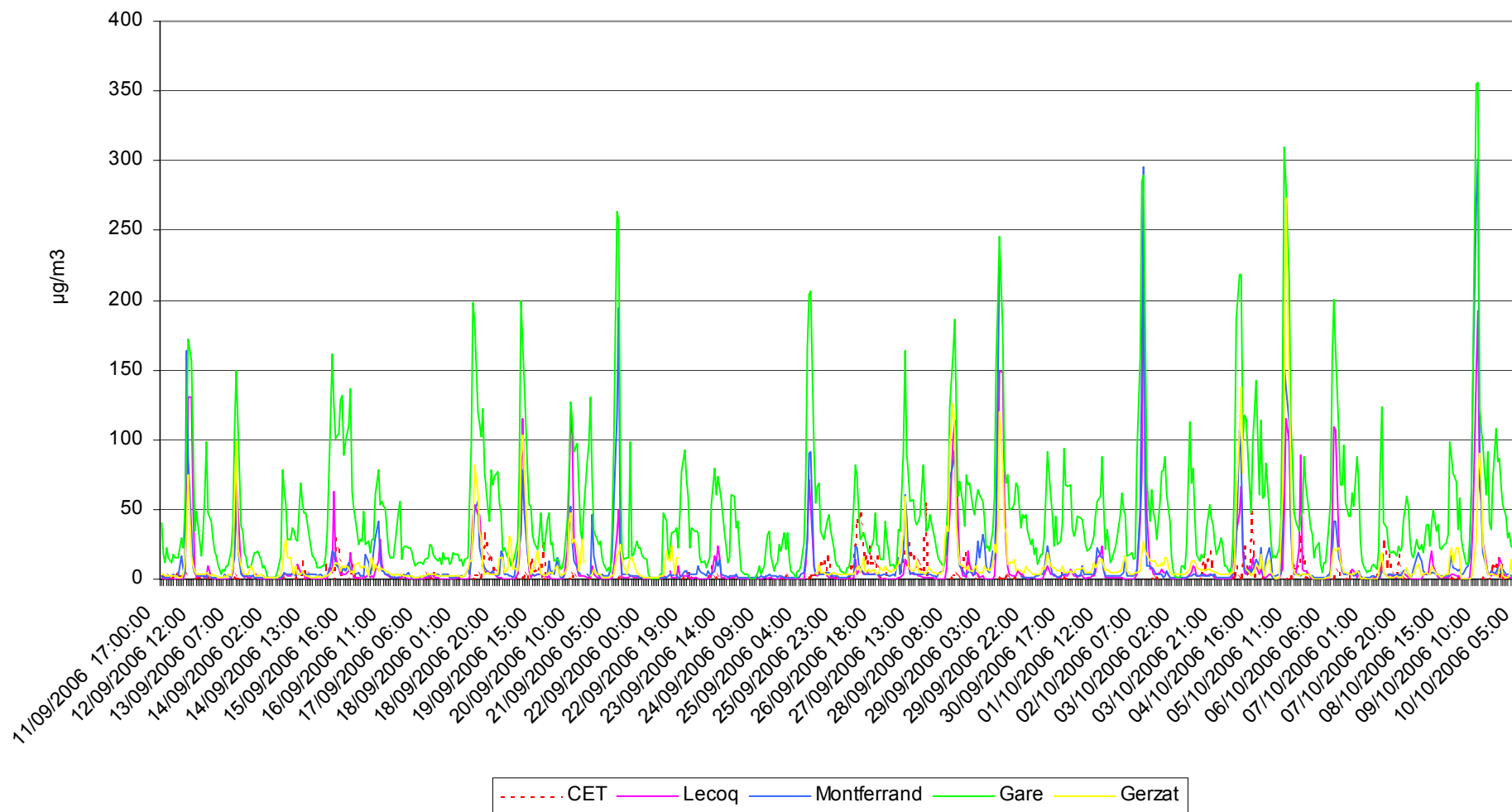
GRAPHIQUE 5

Evolution comparée des teneurs en O3 au C.E.T. et sur des sites fixes de l'agglomération clermontoise



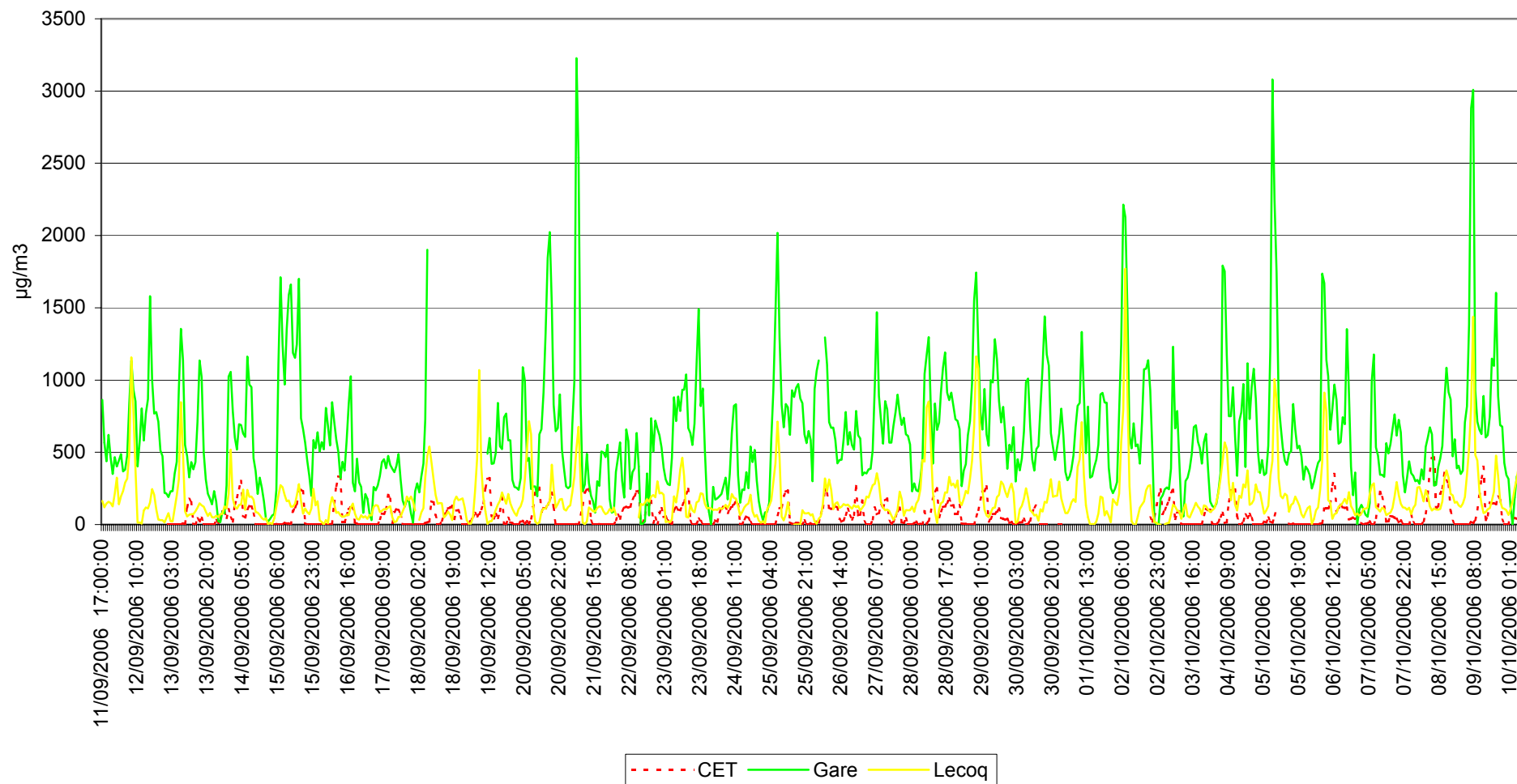
GRAPHIQUE 6

Evolution comparée des teneurs de NO au C.E.T. et sur des sites fixes de l'agglomération clermontoise



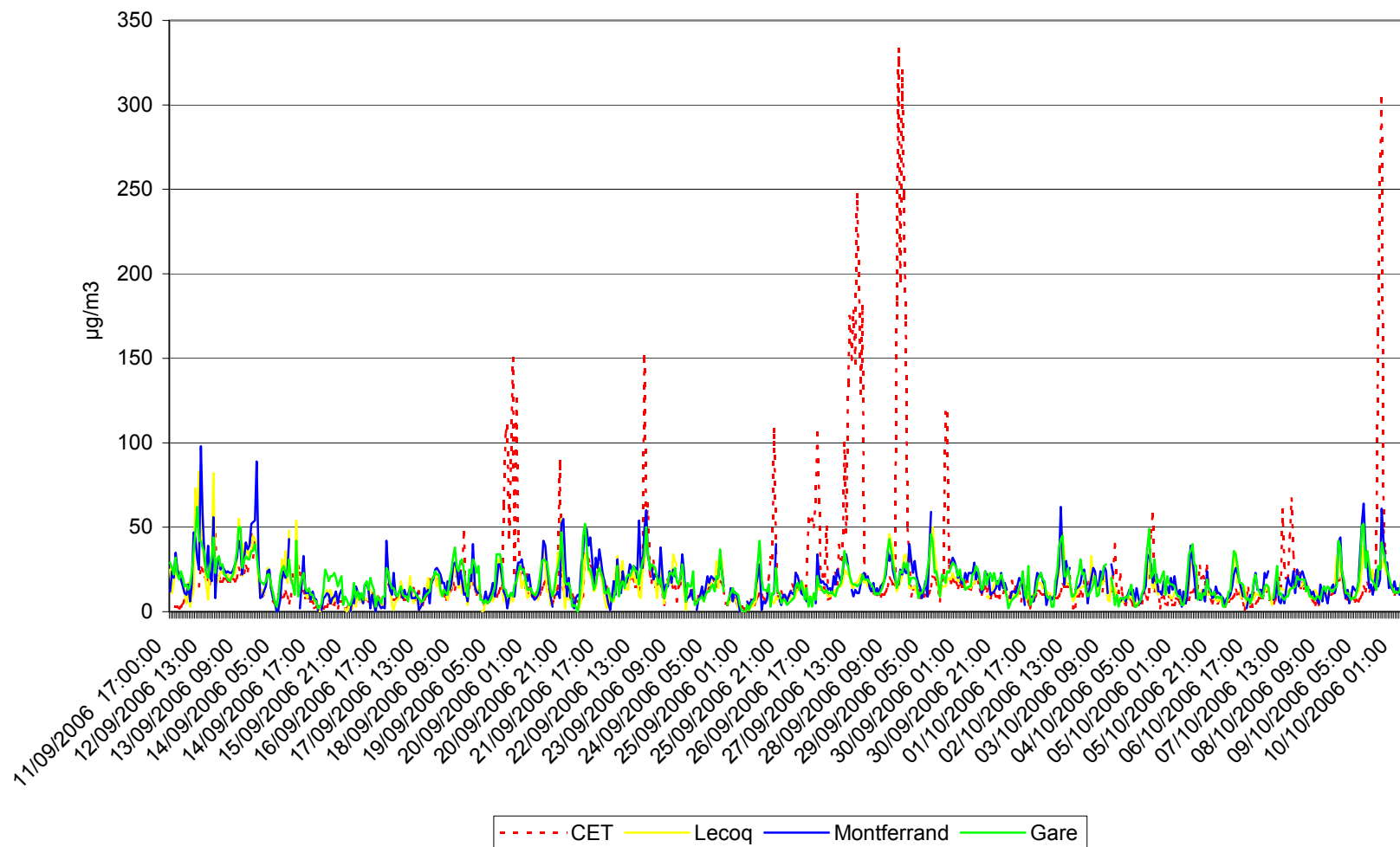
GRAPHIQUE 7

Evolution comparée des teneurs en CO au C.E.T. et sur les sites fixes de l'agglomération clermontoise



GRAPHIQUE 8

Evolution comparée des teneurs en PM10 au C.E.T. et sur des sites fixes de l'agglomération clermontoise



ANNEXE II

Le cadre réglementaire

Depuis le 15/02/2002, le décret n° 2002 - 213 transpose les directives européennes 1999/30/CE et 2000/69/CE. Il introduit un certain nombre de seuils à respecter à l'horizon 2005 ou 2010 accompagnés de marges de dépassement.

Polluant		Valeur applicable en 2006 (en µg/m³)	
Dioxyde d'azote	Valeurs limites pour la protection de la santé humaine :	centile 98 horaire centile 99,8 horaire moyenne annuelle	200 240 48
	Objectif de qualité :	moyenne annuelle	40
	Seuil de recommandation et d'information :	moyenne horaire	200
	Seuil d'alerte :	moyenne horaire	400 ou 200
		<i>si dépassement la veille et risque de dépassement le lendemain</i>	
PM 10	Objectif de qualité :	moyenne annuelle	30
	Valeurs limites pour la protection de la santé humaine :	centile 90,4 journalier moyenne annuelle	50 40
Dioxyde de soufre	Objectif de qualité :	moyenne annuelle	50
	Valeurs limites pour la protection de la santé humaine :	centile 99,7 horaire centile 99,2 journalier	350 125
	Valeurs limites pour la protection des écosystèmes :	moyenne annuelle moyenne hivernale	20 20
	Seuil de recommandation et d'information :	moyenne horaire	300
	Seuil d'alerte :	moyenne horaire pendant 3 heures consécutives	500
Ozone	Objectif de qualité pour la protection de la santé humaine :	moyenne sur 8 heures	110*
	Objectifs de qualité pour la protection de la végétation :	moyenne horaire moyenne journalière	200 65
Monoxyde de carbone	Valeur limite pour la protection de la santé humaine :	moyenne sur 8 heures	10 000

* Cette valeur a été portée à 120 µg/m³ par la directive européenne 2002/3/CE.

Les objectifs de qualité sont les niveaux de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère, fixés sur la base des connaissances scientifiques, dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de ces substances pour la santé humaine ou pour l'environnement, à atteindre dans une période donnée.

Les valeurs limites sont les niveaux maximums de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère, fixés 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.

Une directive européenne relative à l'ozone a été traduite par le décret 2003-1085 du 12/11/2003 fixant les seuils suivants :

Polluant		Valeur (en µg/m³)	
Ozone	Seuil de recommandation et d'information :	moyenne horaire	180
	Seuil d'alerte pour la mise en œuvre progressive de mesures d'urgence :		
	- 1 ^{er} seuil	moyenne horaire pendant 3 heures consécutives	240
	- 2 ^{ème} seuil	moyenne horaire pendant 3 heures consécutives	300
	- 3 ^{ème} seuil	moyenne horaire	360

Définition et mode de calcul des centiles :

Le centile est calculé à partir des valeurs effectivement mesurées arrondies au microgramme par mètre cube le plus proche.

Pour chaque site, toutes les valeurs sont portées dans une liste établie par ordre croissant. Le centile C est la valeur de l'élément de rang k pour lequel k est calculé au moyen de la formule suivante :

$k = C/100 * N$, N étant le nombre de valeurs portées dans la liste précédemment mentionnée. k est arrondi au nombre entier le plus proche.

Exemples : - Le centile 50 ou médiane, correspond à la valeur dépassée par 50 % des données validées.
- Le centile 98 est la valeur dépassée par 2 % des données validées.

L'année civile correspond à la période du 01/01 au 31/12.

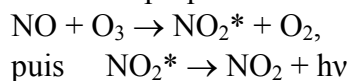
L'hiver définit la période du 01/10/N au 31/03/N+1.

ANNEXE III

Les techniques de mesure

Chimiluminescence (NO_x)

L'air à analyser est injecté dans une chambre optique où il est mélangé avec de l'ozone. La réaction ayant lieu est la suivante :

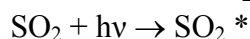


Un rayonnement lumineux (longueur d'onde entre 600 et 1200 nm) est émis et mesuré par un photomultiplicateur qui permet de calculer la teneur en NO.

Pour la mesure du NO₂, on convertit le NO₂ de l'échantillon en NO grâce à un four à catalyse garnit de molybdène où la réaction $3 \text{NO}_2 + \text{Mo} \rightarrow 3 \text{NO} + \text{MoO}_3$ se produit. Le NO est ensuite mesuré comme expliqué précédemment.

Fluorescence Ultra-Violet (SO₂)

L'échantillon d'air est introduit dans une chambre optique où il est soumis à un rayonnement UV de longueur d'onde déterminé (214 nm). Les molécules de SO₂ sont alors excitées :



Pour revenir à leur état d'origine, les molécules libèrent leur surplus d'énergie par un rayonnement visible dit de fluorescence (compris entre 320 et 380 nm) qui est mesuré grâce à un photomultiplicateur situé perpendiculairement à la direction du rayonnement UV.

Les éventuelles interférences avec les hydrocarbures sont éliminées par l'utilisation d'un filtre à perméation (membrane).

Absorption UV (O₃)

L'échantillon d'air est soumis à un rayonnement ultraviolet de longueur d'onde 254 nm, équivalent à la longueur d'onde maximale du spectre de l'O₃. La mesure de l'absorption due à l'ozone est déterminée par la différence entre l'absorption UV de l'échantillon et celle d'un air exempt d'O₃. La loi de BEER-LAMBERT permet alors de déterminer la concentration.

Opacimétrie et Réflectométrie (Fumées Noires)

L'analyseur prélève automatiquement l'air et les fumées noires se déposent sur un filtre. L'analyse, correspondant à une estimation de l'empoussièrement de l'air, se fait en laboratoire. Le taux de noircissement (opacimétrie) se fait par réflectométrie (mesure l'intensité de la lumière reflétée par le filtre). Un abaque permet de convertir ce résultat en une concentration moyenne journalière.

Micro-Balance (Poussières)

L'échantillon d'air passe à travers un filtre vibrant à haute fréquence. Quand les poussières se déposent sur le filtre, la fréquence varie. L'énergie nécessaire à compenser cette variation permet de déterminer la concentration en poussières.

Absorption Infra-Rouge (CO)

L'air entre dans une chambre optique multiréflexion. Le faisceau émis par une source infrarouge traverse alternativement une chambre remplie de CO pur et une remplie par l'échantillon. Lorsque le faisceau traverse la cellule de CO, toutes les raies spécifiques du CO sont absorbées. Lorsque le faisceau traverse l'autre cellule, les raies du CO sont absorbées par la chambre de mesure en fonction de la teneur en CO de l'échantillon. Ce principe permet d'éliminer les interférences avec des composés carbonés ayant un spectre voisin.

Chromatographie gazeuse (B.T.X.)

Les différents composés sont séparés sur une colonne, balayée par un gaz porteur inerte. Au contact du matériau adsorbant de remplissage de la colonne, qui présente une affinité différente selon les molécules rencontrées, les substances sont plus ou moins retardées dans la colonne, de telle façon qu'elles en sortent à des temps différents, ce qui permet de différencier les composés. Les produits séparés passent dans un détecteur (PID) qui produit un signal électrique qui est fonction de leur concentration dans le gaz porteur.

ANNEXE IV

*Les polluants mesurés, leurs effets sur la
santé humaine et sur l'environnement*

Le dioxyde de soufre SO₂

Origine : Issu de la combustion des fuels et du charbon contenant des impuretés soufrées : $S + O_2 \Rightarrow SO_2$.

En zone urbaine, les principales sources sont le chauffage domestique ou collectif et les véhicules à moteur diesel. Ce polluant est relativement soluble. En cas d'humidité, il se transforme en acide sulfurique, qui contribue aux pluies acides.

En Auvergne, les industries sont responsables à hauteur de 43 % des émissions, suivies du transport pour 27 %, le reste étant attribué au tertiaire/résidentiel/commercial.

Effets : Ce gaz est très irritant pour les voies respiratoires. Il provoque chez l'homme des toux, des gênes respiratoires. Il contribue au dépérissement forestier par les pluies acides, ainsi qu'à la dégradation des monuments en pierre.

Les oxydes d'azote NO_x

Les oxydes d'azote se présentent sous plusieurs formes chimiques. Les mesures d'Atmo Auvergne concernent uniquement le NO (monoxyde d'azote) et le NO₂ (dioxyde d'azote).

Origine : Le NO et le NO₂ sont principalement émis par les automobiles (68 % en Auvergne), l'agriculture et la sylviculture (16 %) et par les installations de combustion (centrales thermiques, usines de traitement des déchets...). Lorsque le NO est directement émis, il se transforme en NO₂ en présence d'O₂, d'O₃, de C.O.V.... Le NO₂ est également un précurseur de l'ozone lorsque les conditions météorologiques le permettent (action photochimique du soleil) ; c'est pourquoi il est mesuré aussi bien en zone urbaine que rurale.

Dans les agglomérations clermontoise et aurillacoise, le transport routier représente 75 % des émissions de NO_x. Pour Montluçon et Le Puy-en-Velay, il s'élève à 65 %.

Effets : Le NO₂ est plus toxique que le NO et fait donc l'objet de normes. C'est un gaz irritant, provoquant des troubles respiratoires et des irritations des poumons. Il perturbe également le transport de l'O₂ dans le sang en l'empêchant de se lier à l'hémoglobine. Enfin, le NO₂ accroît la sensibilité aux virus.

Les poussières en suspension PS

Ce terme regroupe toutes les particules solides en suspension dans l'air, mesurées de manière pondérale. On distingue les PM 10, de diamètre inférieur à 10 µm, des PM 2,5 ou PF, inférieures à 2,5 µm.

Origine : Elles peuvent être aussi bien d'origine anthropique (combustion, incinération) que naturelle (soulèvement de poussières, éruptions volcaniques dans certaines régions du globe).

Effets : Les plus grosses particules (> 10 µm) sont arrêtées par les voies aériennes supérieures alors que les plus petites peuvent, surtout chez les enfants et les personnes âgées, pénétrer jusqu'aux alvéoles pulmonaires où elles se déposent. Les poussières provoquent de fortes irritations pulmonaires et accroissent les difficultés respiratoires. De plus, les poussières véhiculent d'autres composés chimiques comme les H.A.P. (Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques), ce qui peut les rendre cancérigènes.

Les fumées noires FN

Il s'agit des poussières colorées générées par les phénomènes de combustion, mesurées par réflectométrie.

Origine : Certaines industries (sidérurgie, incinérateurs...) et les automobiles (surtout diesel).

Effets : Ces particules sont généralement supérieures à 10 µm, elles ne pénètrent donc pas dans le système respiratoire. Cependant, elles laissent une couche noire visible sur les monuments.

Le monoxyde de carbone CO

C'est un gaz incolore, inodore et inflammable.

Origine : Le CO est issu de la combustion incomplète des produits carbonés. La principale source est le trafic routier (68 % en Auvergne, dont 45 % pour le Puy-de-Dôme), surtout les véhicules à essence. Viennent ensuite les activités industrielles.

Effets : A forte teneur (1 000 mg/m³), le CO peut être mortel. En effet, il se fixe sur l'hémoglobine du sang à la place de l'O₂, empêchant l'oxygénation de l'organisme. A plus faibles concentrations, il peut être la source, entre autres, d'effets cardio-vasculaires, sensoriels et dans une moindre mesure de maux de tête et de vomissements. De plus, le CO se transforme en CO₂, principal gaz à effet de serre.

L'ozone O₃

Origine : C'est un polluant secondaire se formant sous l'effet catalyseur du rayonnement solaire à partir des polluants d'origines industrielle et automobile. On considère ici l'O₃ présent dans les 10 premiers kilomètres de l'atmosphère, à différencier de l'O₃ stratosphérique (10 - 20 km) qui protège la Terre des rayons ultraviolets du soleil et constituant la couche d'O₃.

Effets : Sur l'être humain, l'ozone provoque des irritations et des affections du système respiratoire, ainsi que l'affaiblissement du système immunitaire surtout chez les enfants et les asthmatiques. Puissant oxydant, il endommage les végétaux, ce qui se traduit par une baisse de rendement des cultures. A plus grande échelle, il contribue à l'effet de serre.

Les Composés Organiques Volatils et les Benzène Toluène Xylène

Les Composés Organiques Volatils sont des molécules organiques constituées principalement d'atomes de carbone et d'hydrogène. Ils regroupent essentiellement des hydrocarbures, dont les hydrocarbures aromatiques monocycliques (H.A.M.) et les hydrocarbures aromatiques polycycliques (H.A.P.). Les B.T.X. (appellation regroupant le Benzène, le Toluène et les Xylènes) sont des H.A.M constitués d'un seul cycle benzénique.

Origine : La principale source des C.O.V. est la circulation automobile (gaz d'échappement et évaporation des carburants) et l'utilisation domestique ou industrielle de peinture, vernis, colle, solvants... Le benzène est utilisé dans les carburants en remplacement du plomb ainsi que dans les industries chimiques.

Effets : Ils diffèrent selon la nature du composé. Cela peut se traduire par une diminution de la capacité respiratoire ou par des effets mutagènes voire cancérigènes pour le benzène. Ils provoquent également une irritation des yeux. Ils contribuent, au même titre que les NO_x et le CO, à la formation d'O₃ et participent à l'effet de serre. Il est important de préciser que la cigarette est la source de 40 % de l'exposition des êtres humains au benzène.

ANNEXE V

Emplacements des plaquettes

EMPLACEMENT DES PLAQUETTES

