

## Recherche d'un nouveau site périurbain de surveillance de la qualité de l'air au sud-est de l'agglomération nantaise

Campagne de mesure à Vertou - été 2003



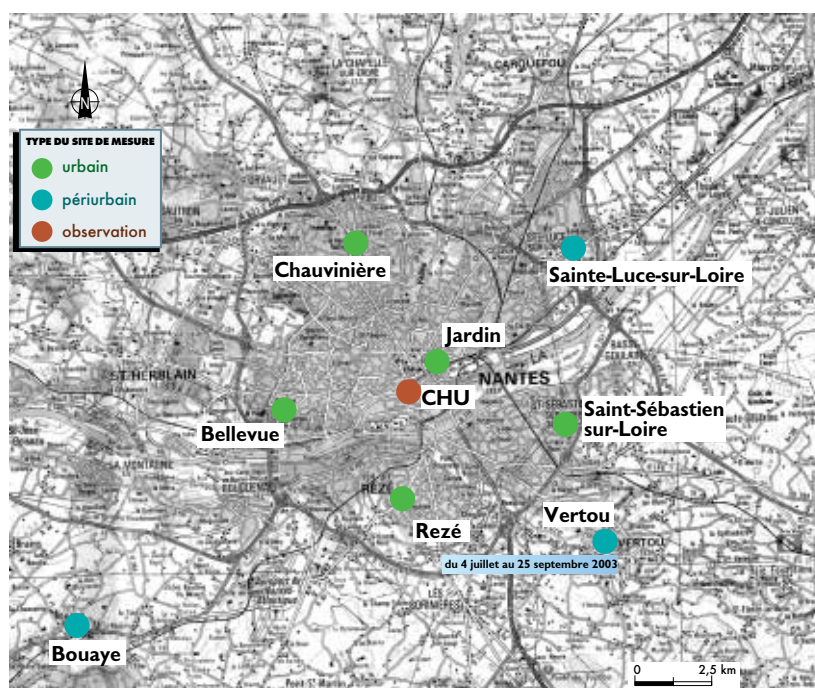
Décembre 2003

## Résumé

### Contexte - Objectif

Pour tenir compte des recommandations nationales d'implantation des sites de surveillance, Air Pays de la Loire a pour projet l'installation d'une 3<sup>e</sup> station de surveillance en périphérie de l'agglomération nantaise.

Une étude météorologique a montré que cette 3<sup>e</sup> station devait être installée au sud-est de l'agglomération de Nantes. Afin de valider l'emplacement futur de cette station, Air Pays de la Loire a installé des mesures de qualité de l'air pendant 3 mois de l'été 2003 (du 4 juillet au 25 septembre) à Vertou. Cette campagne a permis de mesurer les concentrations atmosphériques des principaux polluants atmosphériques photochimiques (oxydes d'azote et ozone) pendant l'été, période la plus favorable à la formation d'ozone.



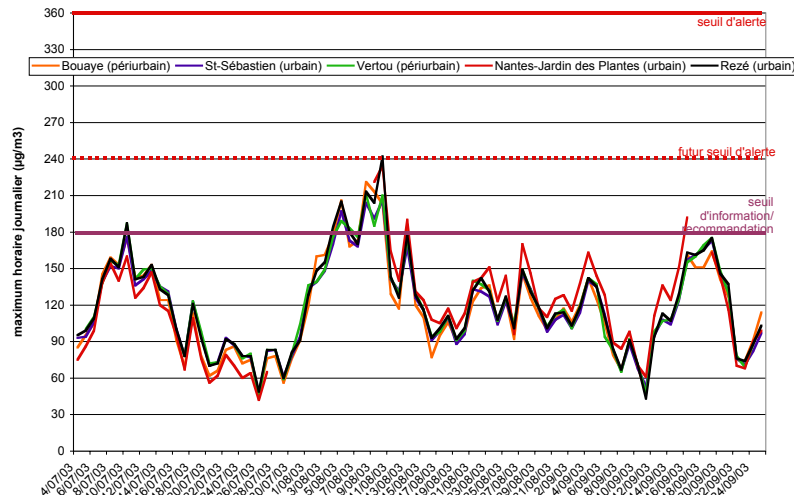
Localisation des sites de mesure d'ozone dans l'agglomération nantaise pendant l'été 2003

### Résultats

**OZONE** : Durant la campagne de mesure (juillet à septembre 2003), la pollution par l'ozone a été le plus souvent modérée à très forte dans l'agglomération nantaise. Ces niveaux d'ozone sont plus élevés que ceux habituellement mesurés pendant l'été dans la région. Cette élévation inhabituelle est due à la canicule de début août 2003, pendant laquelle les fortes températures associées à un ensoleillement important et à des vents faibles ont contribué à la formation et la stagnation de l'ozone. Cet épisode est exceptionnel par sa durée, son étendue géographique et l'ampleur des concentrations d'ozone mesurées\*.

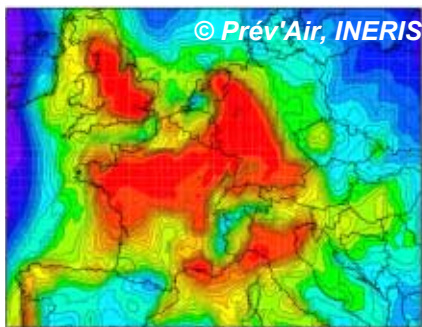
Le seuil d'information/recommandation de  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne horaire a été dépassé pendant 9 jours (dont 6 jours à Vertou), le 10 juillet, du 4 au 6 août, du 8 au 10 août, le 13 août et le 16 septembre 2003. La procédure d'information de la population, qui nécessite le dépassement du seuil  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sur au moins 2 stations, a été déclenchée dans l'agglomération nantaise pendant 6 jours. La moyenne horaire maximale a atteint  $242 \mu\text{g}/\text{m}^3$  le 10 août dans l'agglomération nantaise, et  $211 \mu\text{g}/\text{m}^3$  à Vertou, ce qui reste inférieur au seuil actuel d'alerte fixé à  $360 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sur 1 heure mais s'approche du futur seuil d'alerte prévu à  $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sur 3 heures consécutives.

\* Air Pays de la Loire a publié une étude sur cet épisode de pollution (téléchargeable sur le site Web d'Air Pays de la Loire : [www.airpl.org](http://www.airpl.org)) : "Août 2003 : Des pics d'ozone exceptionnels dans les Pays de la Loire"



*Niveaux horaires maxima journaliers d'ozone à Vertou et sur les sites de comparaison de l'agglomération*

Aucune influence significative de l'agglomération nantaise n'est perceptible à Vertou pendant la durée de la campagne. En effet, les concentrations d'ozone mesurées à un endroit donné résultent de l'addition d'une production locale et d'un apport extérieur dû à un transport longue distance. Or, pendant l'été 2003, un apport massif d'ozone en provenance des grandes métropoles européennes et bassins industriels situés à l'Est des Pays de la Loire (agglomération parisienne, Bénélux, Angleterre, Ruhr) a été constaté (cf. cartes) et a masqué l'influence de la pollution générée par l'agglomération nantaise sur sa périphérie.



*Cartographie des concentrations maximales d'ozone sur l'Europe (à gauche) et dans les Pays de la Loire (à droite) le 9 août 2003*

**DIOXYDE D'AZOTE** : Durant la campagne de mesure, la pollution par le dioxyde d'azote a été le plus souvent faible dans l'agglomération nantaise. Ces niveaux de dioxyde d'azote sont conformes à ceux habituellement mesurés pendant l'été dans la région. Les concentrations moyennes de dioxyde d'azote ont été légèrement moins élevées à Vertou que sur les autres sites de mesure. Aucun risque de dépassement des seuils de qualité de l'air n'a été mis en évidence pour le dioxyde d'azote.

## Conclusions - Perspectives

Bien que les résultats d'ozone enregistrés cet été à Vertou n'aient pas été statistiquement différents de ceux de St-Sébastien/L, il est préconisé la mise en œuvre de la surveillance des concentrations d'ozone à Vertou pendant au moins deux années. En effet, cette commune satisfait aux critères nationaux d'implantation des stations périurbaines de surveillance de la qualité de l'air et des dépassements du seuil d'information/recommandation  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y ont été enregistrés pendant 6 jours de l'été 2003. De plus, à deux reprises, Vertou a été l'unique site où ce seuil a été dépassé simultanément avec Rezé.

Air Pays de la Loire entame une réflexion sur l'organisation de son dispositif de surveillance dans le cadre du Plan Stratégique de Surveillance de la Qualité de l'Air. Une des orientations tend à développer la surveillance de l'ozone en milieu rural. La surveillance de l'ozone mise en place à Vertou pourrait donc être complétée ou remplacée par des mesures d'ozone dans une commune rurale éloignée de Nantes.

# Sommaire

<b>1. Contexte - Objectif .....</b>	<b>5</b>
<b>2. Dispositif de mesure.....</b>	<b>6</b>
2.1. <i>Préambule : Formation de l'ozone .....</i>	6
2.2. <i>Objectif et critères d'implantation des sites périurbains .....</i>	6
2.3. <i>Application à l'agglomération nantaise.....</i>	7
2.4. <i>Localisation du site de mesure et polluants mesurés.....</i>	8
<b>3. Résultats .....</b>	<b>9</b>
3.1. <i>Les conditions météorologiques.....</i>	9
3.2. <i>L'ozone .....</i>	11
3.3. <i>Les oxydes d'azote .....</i>	18
<b>4. Conclusions - Perspectives.....</b>	<b>21</b>

Métrologie  
Analyse des données, interprétation  
Cartographie  
Photographies

A. TRICOIRE  
Ch. BELLANGER  
B. POUSSIN  
A. TRICOIRE

## 1. Contexte - Objectif

Depuis 1995, Air Pays de la Loire a entrepris le redéploiement de son réseau de surveillance de la qualité de l'air dans l'agglomération de Nantes. Le réseau de mesure de l'ozone, constitué d'un unique site en 1994 est passé à 8 sites en 2003. Ces sites sont localisés soit en milieu urbain (Nantes, Rezé, St-Herblain, St-Sébastien-sur-Loire), soit en milieu périurbain (Bouaye, Ste-Luce-sur-Loire). Pour tenir compte des recommandations nationales d'implantation des sites de surveillance, Air Pays de la Loire doit procéder à l'installation d'une 3<sup>e</sup> station de surveillance en périphérie de l'agglomération nantaise.

Une étude météorologique a montré que cette 3<sup>e</sup> station devait être installée au sud-est de l'agglomération de Nantes. Afin de valider l'emplacement futur de cette station, Air Pays de la Loire a installé des mesures de qualité de l'air du 4 juillet au 25 septembre 2003 à Vertou. Cette campagne a permis de mesurer les concentrations atmosphériques des principaux polluants atmosphériques photochimiques (oxydes d'azote et ozone) pendant l'été, période la plus favorable à la formation d'ozone.

Ce document expose le dispositif mis en place puis présente les résultats obtenus et les conclusions qui en découlent.

## 2. Dispositif de mesure

### 2.1. Préambule : Formation de l'ozone

Issu du mot grec ozein "exhaler une odeur", le nom "ozone" désigne un gaz d'odeur caractéristique, composé de trois atomes d'oxygène. 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.

Au niveau du sol, l'ozone se forme par réactions chimiques entre des gaz précurseurs d'origine automobile et/ou industrielle (oxydes d'azote NOx, composés organiques volatils COV, monoxyde de carbone CO). Les réactions de production d'ozone nécessitent la présence de rayons solaires ultraviolets : c'est pourquoi l'ozone est essentiellement présent durant l'été en période particulièrement chaude et ensoleillée. L'ozone est un polluant indicateur des épisodes de pollution photochimique.

### 2.2. Objectif et critères d'implantation des sites périurbains

#### 2.2.1. Objectif des sites périurbains

Les sites périurbains ont pour objectif le suivi du niveau d'exposition moyen de la population à des maxima de pollution photochimique (ozone et ses précurseurs et éventuellement les polluants primaires) à la périphérie du centre urbain.

#### 2.2.2. Critères d'environnement

Les sites périurbains doivent répondre à 3 critères d'environnement (Cf. document « Recommandations du groupe de travail Caractérisation des sites » publié par l'ADEME le 21/12/1998) :

##### 1 – Appartenance à l'aire urbaine (cf. définition de l'INSEE)

Le site périurbain doit se situer en priorité dans un tissu urbanisé appartenant à l'aire urbaine :

- soit dans une commune urbaine de la couronne périurbaine,
- soit dans une commune urbaine de type banlieue du pôle urbain.

##### 2 – Densité de population représentative

Le site doit être localisé dans un lieu représentatif de la densité maximale de population de la zone surveillée.

##### 3 – Influence des sources de pollution

Les sources de pollution doivent être plutôt de type surfacique et multi-émetteurs (pas d'influence immédiate du trafic...). Les émetteurs peuvent être soit dans la commune, soit à l'extérieur de celle-ci.

Le rapport R défini ci-dessous doit être inférieur à 1,5.

$$R = \frac{[\text{NO}]}{[\text{NO}_2]}$$

avec :  $[\text{NO}_2]$  = concentration moyenne annuelle en dioxyde d'azote (exprimée en ppb)

$[\text{NO}]$  = concentration moyenne annuelle en monoxyde d'azote (exprimée en ppb)

Le site périurbain doit être situé dans une zone où les conditions favorables à un épisode photochimique sont remplies et représentatives du risque individuel d'exposition des populations à des valeurs supérieures aux seuils de protection.

### 2.2.3. Critères d'implantation

Des critères d'implantation doivent être respectés (Cf. document « Recommandations du groupe de travail Caractérisation des sites » publié par l'ADEME le 21/12/1998) :

#### 1 – Distance aux voies de circulation

La distance minimale du site à la voie est fonction de l'intensité du trafic :

Trafic moyen journalier annuel (véhicules/jour)	Distance minimale (m)
< 1 000	-
1 000 – 3 000	10
3 000 – 6 000	20
6 000 – 15 000	30
15 000 – 40 000	40
40 000 – 70 000	100
> 70 000	200

tableau 1 : distance minimale des sites périurbains par rapport aux voies de circulation

#### 2 – Hauteur de prélèvement

La hauteur de prélèvement au sol recommandée doit être comprise entre 2 et 15 m.

#### 3 – Dégagement

Une distance minimale de 1 m de toute structure porteuse est obligatoire avec un dégagement libre de tout obstacle d'au moins 180° pour un mur et de 270° sur un toit.

### 2.3. Application à l'agglomération nantaise

Selon les recommandations nationales (Cf. document « Réflexions du groupe de travail Caractérisation des sites » publié par l'ADEME le 21/12/1998), l'agglomération nantaise, peuplée de plus de 500 000 habitants, doit comporter au minimum 3 sites de surveillance de la pollution atmosphérique en zone périurbaine.

Une étude des conditions météorologiques favorables à la formation d'ozone a montré que les 3 stations périurbaines de l'agglomération nantaise devaient être installées :

- au nord-est : Le 1<sup>er</sup> site périurbain a été installé dans le secteur est/nord-est, à Sainte-Luce-sur-Loire en 1995. Un projet de déplacement de ce site vers Thouaré-sur-Loire est actuellement en cours.
- au sud-ouest : Un 2<sup>e</sup> site a été installé en 1998 à Bouaye au sud-ouest de Nantes.
- au sud-est.

Dans le secteur sud-est de l'agglomération de Nantes, 3 communes répondent aux critères de localisation d'un site périurbain :

Commune	Population sans double comptes (INSEE 99)	Distance au centre de Nantes (km)	Concentration moyenne d'ozone pendant l'été 1999 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) *
Basse-Goulaine	7 499	6	-
Haute-Goulaine	4 925	9	69
Vertou	20 268	8	68 dans le centre 69 au sud

tableau 2 : communes potentielles d'accueil d'un site périurbain de mesure de la pollution de l'air au sud-est de l'agglomération nantaise

La commune de Basse-Goulaine a été écartée parce qu'elle est située trop près du site urbain de St-Sébastien-sur-Loire.

Le choix s'est porté sur Vertou plutôt qu'Haute-Goulaine en raison de sa population 4 fois plus élevée.

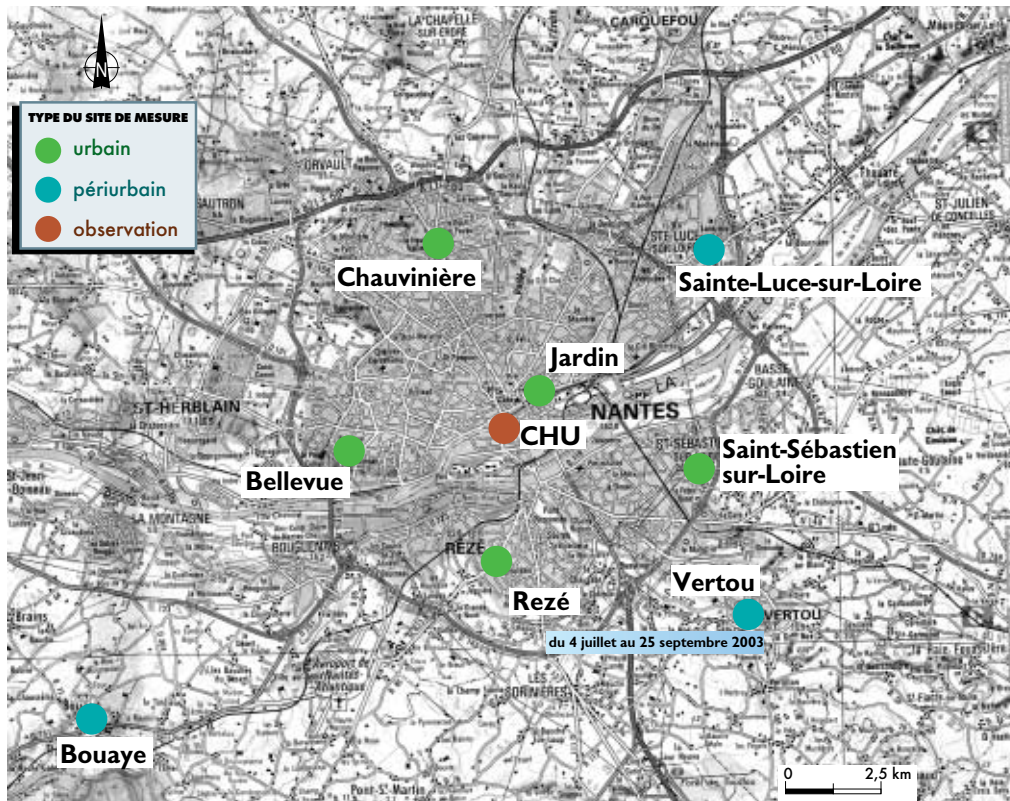
\* étude menée par Air Pays de la Loire à l'aide de tubes à diffusion passive



## 2.4. Localisation du site de mesure et polluants mesurés

Le site de mesure d'Air Pays de la Loire a été installé pendant près de 3 mois à Vertou, au centre médico-social rue de la Garenne (cf. carte). Ce site était éloigné des principales voies de circulation de la commune. Toutefois, il était proche d'un parking d'une dizaine de places et d'une voie sans issue peu passante menant à un centre d'accueil infantile.

Les appareillages utilisés ont permis de suivre chaque quart d'heure les concentrations des principaux polluants atmosphériques impliqués dans les phénomènes de pollution photochimique : ozone, monoxyde et dioxyde d'azote.



carte 1 : localisation des sites de mesure d'ozone dans l'agglomération nantaise pendant l'été 2003



photographie 1 : site de mesure de Vertou

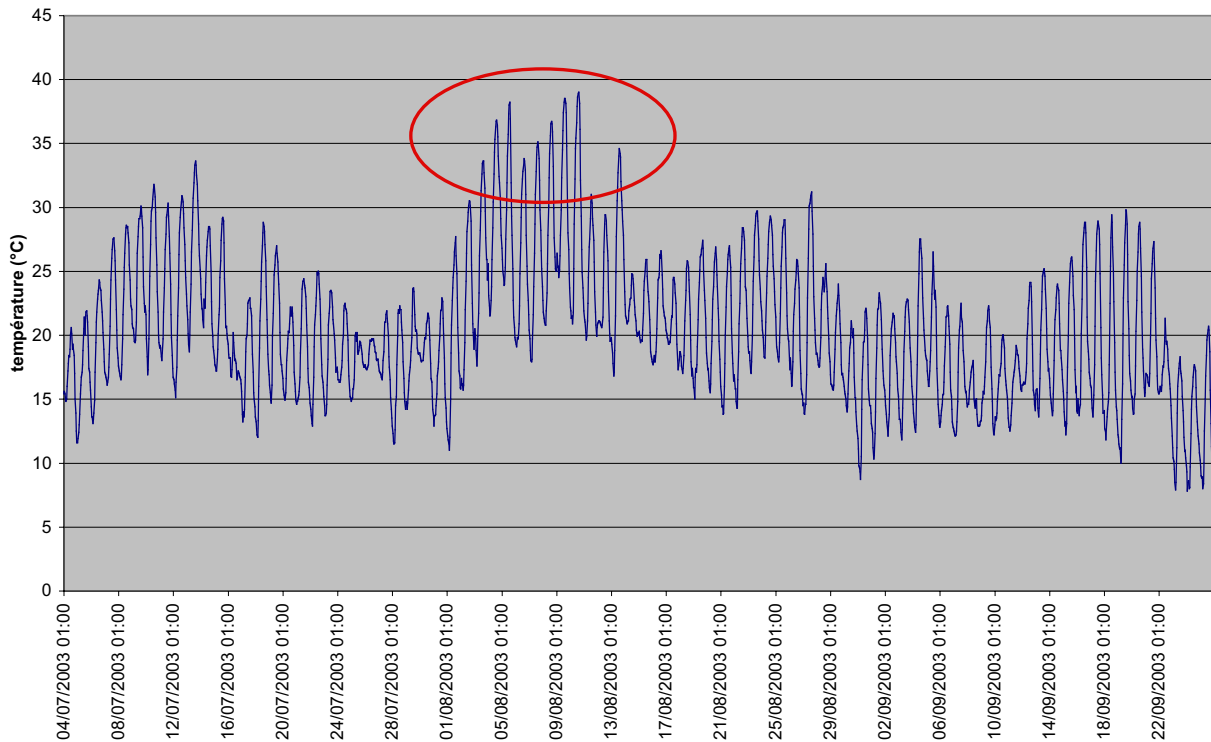


## 3. Résultats

### 3.1. Les conditions météorologiques

#### 3.1.1. La température de l'air

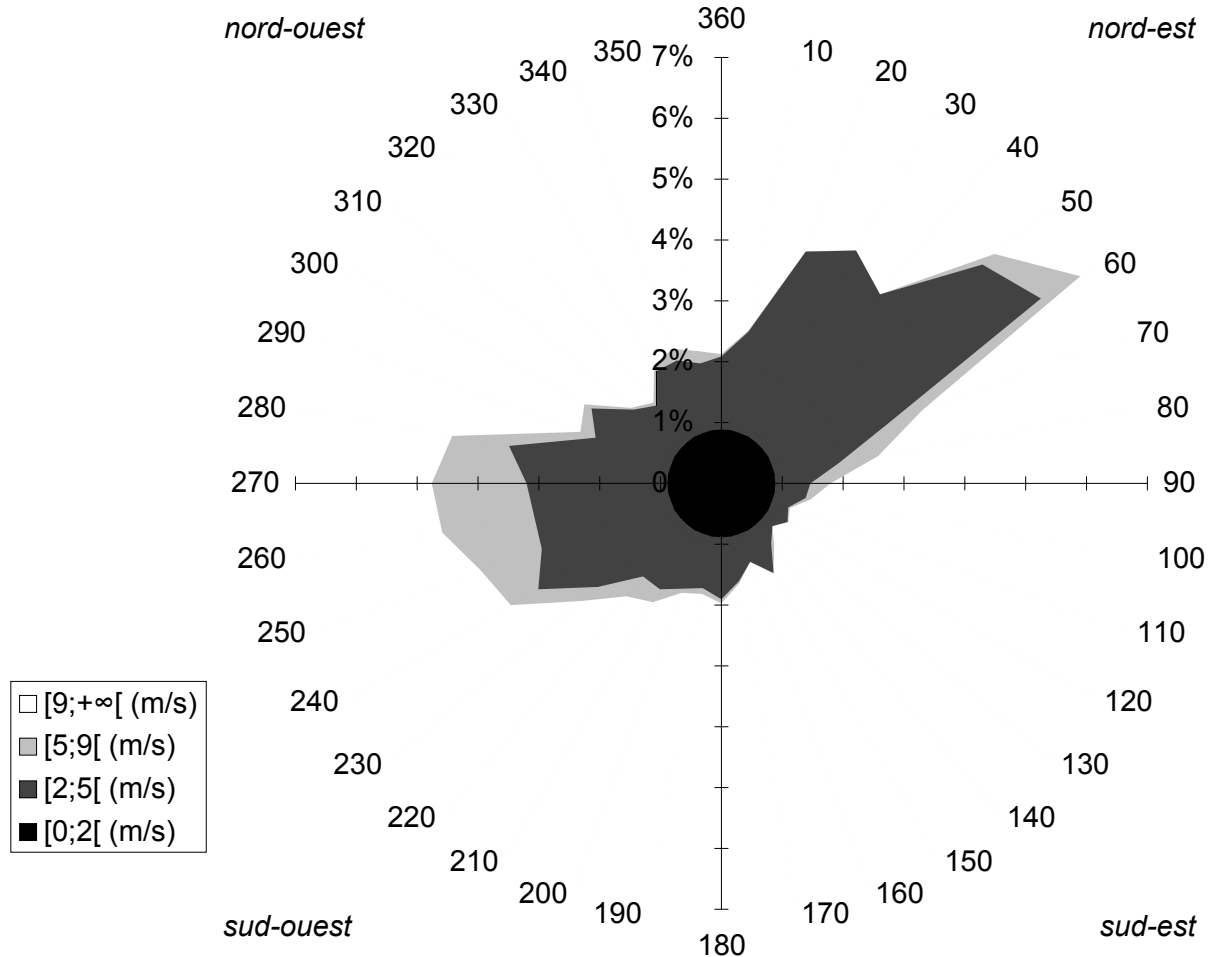
Avec une température moyenne de 20,5 °C, la campagne de mesure de l'air a été caractérisée par un temps exceptionnellement chaud (les normales de juillet à septembre sont habituellement situées entre 16,5 et 19°C). Plusieurs périodes ont connu des températures très élevées, supérieures à 30°C : du 9 au 13 juillet, du 2 au 11 août, le 13 et le 27 août. Le maximum de température a dépassé 39°C les 9 et 10 août.



graphique 1 : température de l'air pendant la campagne de mesure (04/07 - 25/09/2003)  
(source : Météo-France)

### 3.1.2. Les vitesses et direction du vent

La rose des vents (diagramme indiquant la direction, la fréquence et la vitesse des vents) pour la période de mesure est donnée dans le graphique ci-dessous. Elle permet notamment d'apprécier la stabilité de la direction des vents.



graphique 2 : rose des vents pendant la campagne de mesure (04/07 - 25/09/2003)  
(source : Météo-France)

Cette rose des vents indique une prédominance des vents d'ouest sud-ouest et de nord-est. Elle est conforme aux normales saisonnières.

Pendant la campagne de mesure, le site de mesure de Vertou a donc été placé sous les vents de l'agglomération nantaise, pendant 15% du temps.

### 3.2. L'ozone

Les résultats des mesures sont représentés par l'évolution temporelle des concentrations moyennes horaires maximales jour par jour. Pour l'ozone, les concentrations moyennes journalières ont également été représentées. Ces concentrations sont systématiquement comparées à celles mesurées sur les sites urbains de St-Sébastien-sur-Loire, Rezé et Nantes-Jardin des Plantes et le site périurbain de Bouaye La représentation utilisée permet également de situer les concentrations mesurées par rapport aux valeurs réglementaires.

Une comparaison statistique entre les concentrations d'ozone enregistrées à Vertou et sur les sites de comparaison a également été menée.

#### 3.2.1. Une pollution modérée à très forte par l'ozone

Durant la campagne de mesure (juillet à septembre 2003), la pollution par l'ozone a été le plus souvent modérée à très forte ( $70$  à  $79 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne par site) dans l'agglomération nantaise. Ces niveaux d'ozone sont plus élevés que ceux habituellement mesurés pendant l'été dans la région : sur la même période en 2002 et 2001, les moyennes d'ozone atteignaient  $50$  à  $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Cette élévation inhabituelle est consécutive à la canicule de début août 2003 (cf. 3.2.2.).

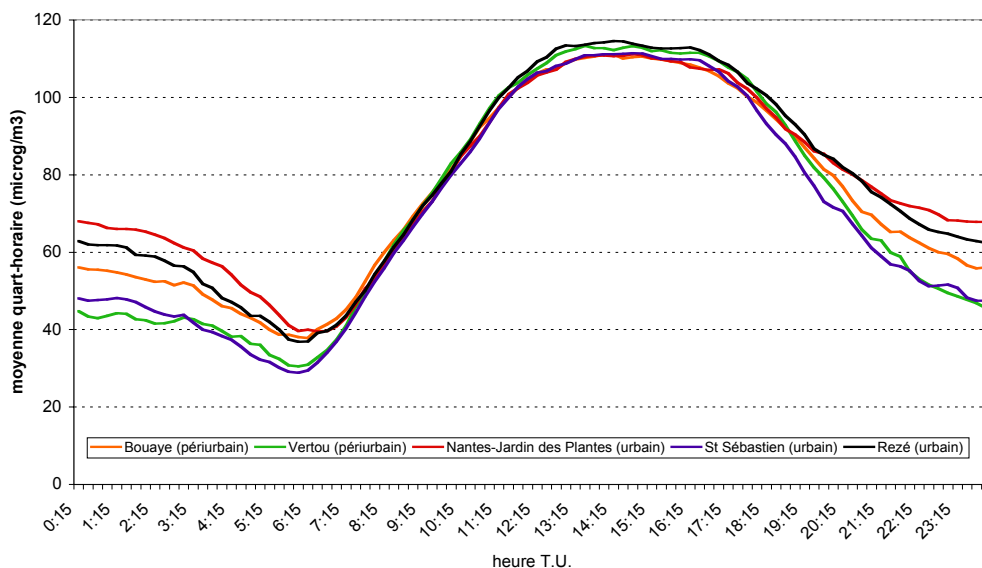
(résultats exprimés en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Vertou	St-Sébastien/L	Nantes-Jardin	Rezé	Bouaye
Moyenne	72	70	79	78	75
Maximum des moyennes journalières	113	113	145	145	141
Maximum des moyennes 8-horaires*	191	184	217	218	201
Maximum des moyennes horaires**	211	206	234	242	221

\* moyenne sur 8 heures calculée chaque heure - \*\* moyenne horaire calculée chaque quart d'heure

tableau 3 : indicateurs des concentrations d'ozone

Le profil moyen journalier de pollution par l'ozone de Vertou est quasi-identique à celui de St-Sébastien/L et très proche de celui de Rezé et Bouaye. La nuit cependant, les niveaux d'ozone baissent plus à Vertou et St-Sébastien/L qu'à Bouaye et Rezé.

Dans leur ensemble, les profils journaliers moyens de pollution par l'ozone ont montré un profil semblable à Vertou et sur les autres stations de mesure de l'agglomération (cf. graphique suivant) : au cours de la journée, la pollution par l'ozone a été minimale en début de matinée et maximale en milieu d'après-midi. En effet, l'ozone est produit principalement lorsque le soleil rayonne puis cette espèce se dissocie pendant la nuit.



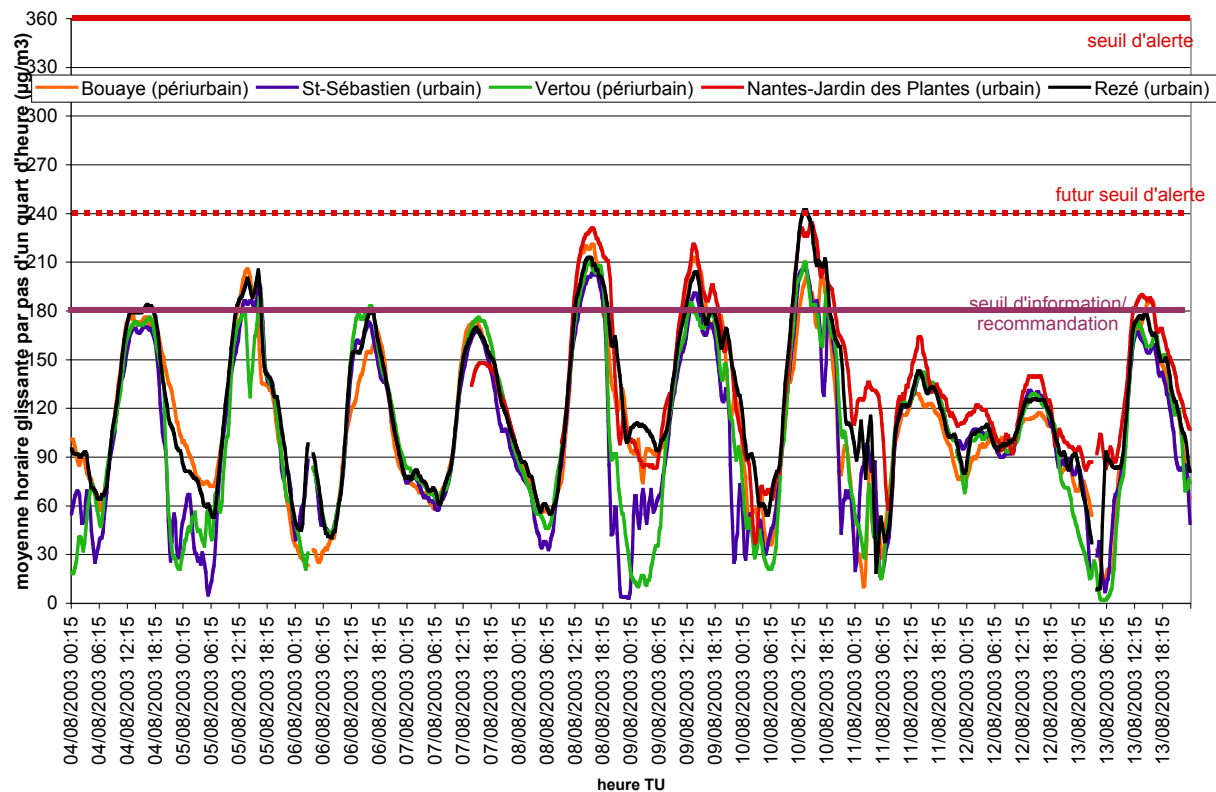
graphique 3 : Profils moyens journaliers d'ozone à Vertou et sur les sites de comparaison de l'agglomération

### 3.2.2. L'épisode de pollution du 4 au 13 août 2003

Du 4 au 13 août 2003 des niveaux particulièrement élevés d'ozone ont été enregistrés dans la région de Nantes comme dans le reste de la région des Pays de la Loire et ailleurs en Europe. Les concentrations maximales d'ozone ont atteint  $242 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dans l'agglomération de Nantes, ce qui est légèrement inférieur au maximum de  $251 \mu\text{g}/\text{m}^3$  enregistré dans les 6 autres grandes agglomérations des Pays de la Loire.

Cette hausse était due à la canicule, pendant laquelle les fortes températures associées à un ensoleillement important et à des vents faibles ont contribué à la formation et la stagnation de l'ozone.

Cet épisode est exceptionnel par sa durée, son étendue géographique et l'ampleur des concentrations d'ozone mesurées, qui ont dépassé le seuil d'information de  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (cf. 3.2.3.).



graphique 4 : évolution de la pollution par l'ozone du 4 au 13 août 2003 à Vertou et sur les sites de comparaison de l'agglomération

Air Pays de la Loire a publié une étude sur cet épisode de pollution (téléchargeable sur le site Web d'Air Pays de la Loire : [www.airpl.org](http://www.airpl.org)) :

"Août 2003 : Des pics d'ozone exceptionnels dans les Pays de la Loire"

### 3.2.3. Le seuil d'information et les objectifs de qualité dépassés à Vertou

Le tableau suivant présente les seuils réglementaires en vigueur pour l'ozone.

<b>Ozone</b>	
<b>Objectifs de qualité</b>	
200 µg/m <sup>3</sup> en moyenne horaire	
110 µg/m <sup>3</sup> en moyenne 8-horaire	
65 µg/m <sup>3</sup> en moyenne journalière	
<b>Seuils d'information et d'alerte</b>	
information : 180 µg/m <sup>3</sup> en moyenne horaire	
alerte : 360 µg/m <sup>3</sup> en moyenne horaire	

tableau 4 : seuils réglementaires pour l'ozone

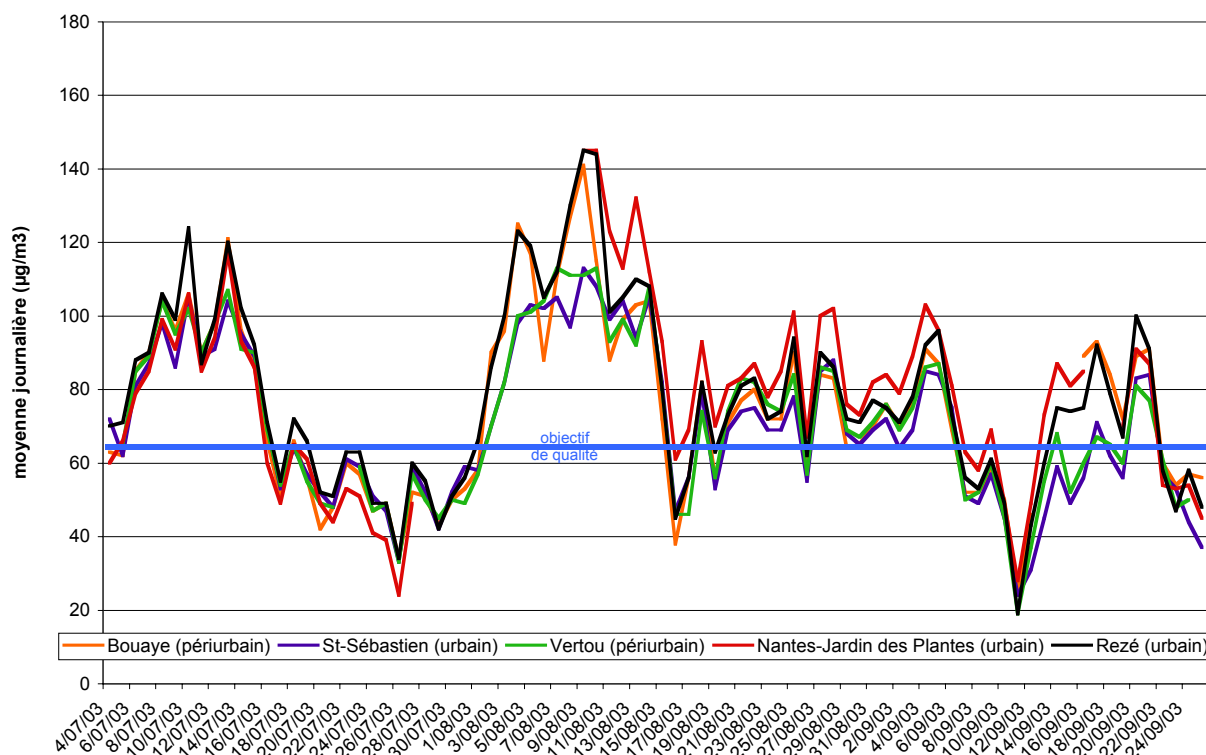
**NB :** Le seuil d'alerte actuellement en vigueur devrait être remplacé prochainement par un nouveau seuil d'alerte fixé à 240 µg/m<sup>3</sup> en moyenne horaire sur 3 heures consécutives.

**Objectifs de qualité :** Les objectifs de qualité 110 et 65 µg/m<sup>3</sup> ont été dépassés pendant la campagne de mesure sur Vertou et sur l'ensemble des stations de surveillance de l'agglomération nantaise. Le seuil de protection de la végétation fixé à 65 µg/m<sup>3</sup> en moyenne journalière a été dépassé environ 1 jour sur 3 à Vertou et sur les autres stations du réseau permanent d'Air Pays de la Loire (cf. tableau et graphique).

Le seuil de protection de la santé 110 µg/m<sup>3</sup> a été dépassé pendant 48 jours au total pendant la campagne. Vertou a enregistré 1 jour de plus de dépassement du seuil 110 µg/m<sup>3</sup> que St-Sébastien et 2 jours de moins que Rezé.

	Vertou	St-Sébastien/L	Nantes-Jardin	Rezé	Bouaye
nb de dépassement <sup>ts</sup> du seuil 65 µg/m <sup>3</sup>	50	45	48	55	49
% de temps avec dép. du seuil 65	62%	55%	71%	67%	62%
nb de dépassement <sup>ts</sup> du seuil 110 µg/m <sup>3</sup>	301	286	343	357	297
% de temps avec dép. du seuil 110	15%	14%	20%	18%	15%
nb de jours avec dép. du seuil 110	38	37	39	40	37

tableau 5 : dépassements des objectifs de qualité



graphique 5 : Niveaux moyens journaliers d'ozone à Vertou et sur les sites de comparaison de l'agglomération

**Seuils d'information et d'alerte** : Le seuil d'information/recommandation de  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (en moyenne horaire glissante par pas d'un quart d'heure) a été dépassé pendant 9 jours (dont 6 jours à Vertou), le 10 juillet, du 4 au 6 août, du 8 au 10 août, le 13 août et le 16 septembre 2003 (cf. tableau). La procédure d'information de la population, qui nécessite le dépassement du seuil  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sur au moins 2 stations, a été déclenchée dans l'agglomération nantaise pendant 6 jours. La moyenne horaire maximale a atteint  $242 \mu\text{g}/\text{m}^3$  le 10 août dans l'agglomération nantaise, et  $211 \mu\text{g}/\text{m}^3$  à Vertou, ce qui reste inférieur au seuil actuel d'alerte fixé à  $360 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sur 1 heure mais s'approche du futur seuil d'alerte prévu à  $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sur 3 heures consécutives.

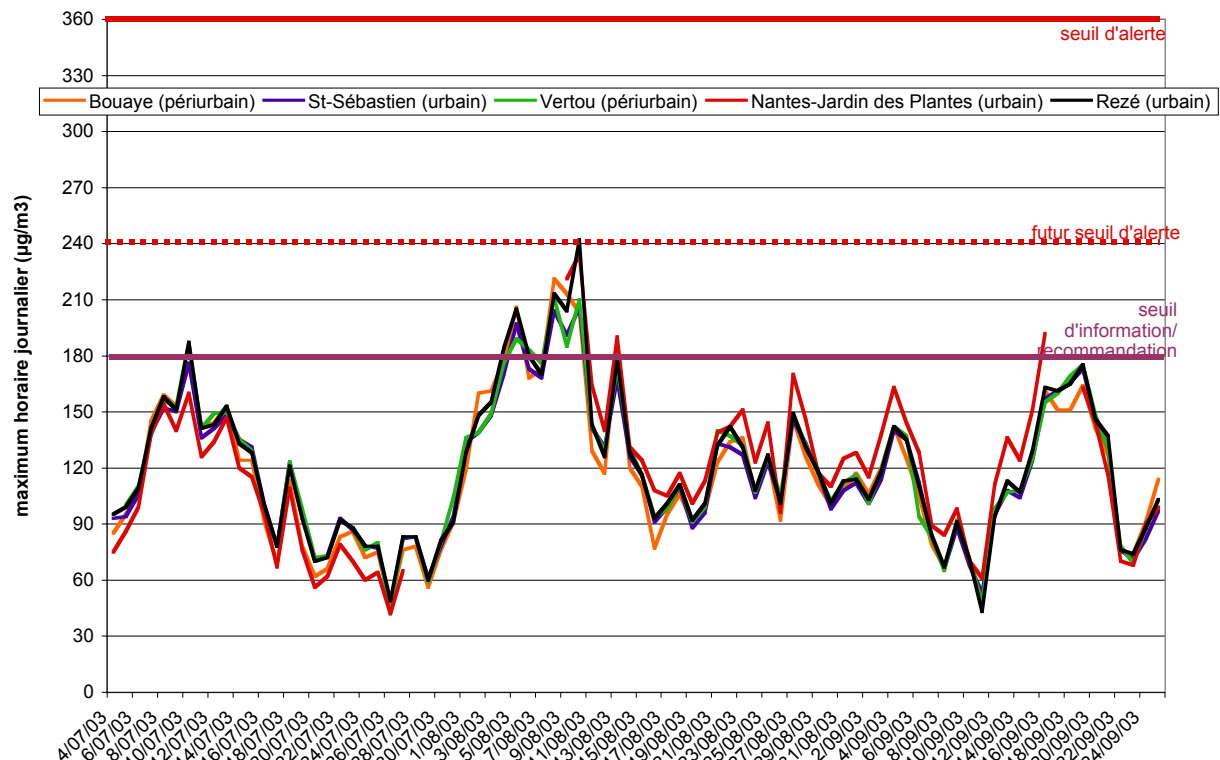
Il est intéressant de noter que les 10 juillet et 6 août, seuls les sites de Vertou et Rezé ont dépassé le seuil d'information/recommandation.

	Vertou	St-Sébastien/ L	Nantes-Jardin	Rezé	Bouaye
nb de dépassement <sup>ts</sup> du seuil $180^* \mu\text{g}/\text{m}^3$	75	66	134	133	93
% de temps avec dép. du seuil $180^*$	1,0%	0,8%	2,0%	1,7%	1,2%
nb de jours avec dép. du seuil $180^*$	6	4	5**	7	5
jours concernés	10/07 - 5-6/08 - 8-9-10/08	5/08 - 8-9-10/08	8-9-10/08 - 13/08 - 16/09	10/07 - 4-5-6/08 - 8-9-10/08	5/08 - 8-9-10/08 - 13/08

\* en moyenne horaire calculée chaque quart d'heure

\*\* Pour des raisons techniques, les mesures d'ozone du Jardin des Plantes n'ont pas été entièrement disponibles début août 2003.

tableau 6 : dépassements du seuil d'information



graphique 6 : Niveaux horaires maxima journaliers d'ozone à Vertou et sur les sites de comparaison de l'agglomération



### 3.2.4. Bonne corrélation entre Vertou et St-Sébastien

Une étude de corrélation/régression a été conduite entre les données quart-horaires d'ozone mesurées à Vertou et celles mesurées sur les sites de St-Sébastien-sur-Loire et Rezé. Cette étude a été menée sur 4 échantillons de jours :

- un échantillon complet,
- un échantillon contenant seulement les 40 jours où la température maximale a dépassé 25°C,
- un échantillon contenant seulement les jours où la moyenne horaire maximale d'ozone a dépassé 180 µg/m<sup>3</sup>.
- un échantillon contenant ces mêmes jours mais seulement de 7h15 à 20h TU, de manière à supprimer les données nocturnes qui sont souvent hétérogènes entre des sites de surveillance de typologie différente (sites urbains et périurbains notamment).

L'étude montre une très bonne corrélation entre les mesures d'ozone réalisées à Vertou et celles de St-Sébastien/L et Rezé (cf. coefficient de corrélation R<sup>2</sup> sur les graphiques).

L'établissement d'une régression entre les concentrations d'ozone de Vertou et celles de St-Sébastien/L et Rezé a été étudié pour les 4 mêmes échantillons. Une régression de type linéaire a été mise en évidence entre Vertou et les 2 sites de comparaison.

Nous pouvons considérer que les 2 sites de mesure de Vertou et St-Sébastien/L fournissent des résultats d'ozone statistiquement équivalents que ce soit en moyenne ou en pointe :

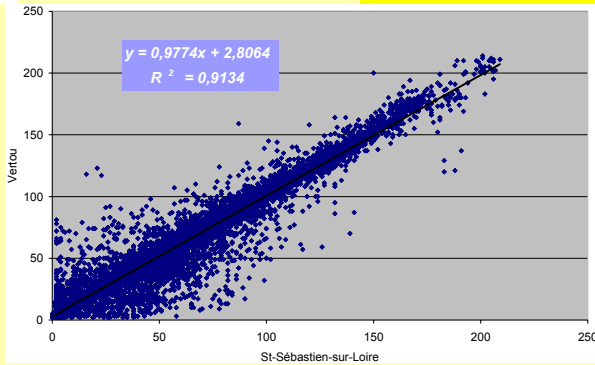
- la droite de régression fondée sur l'ensemble des jours indique une valeur d'ozone de 70 µg/m<sup>3</sup> à Vertou pour 69 µg/m<sup>3</sup> à St-Sébastien/L ;
- la droite de régression fondée sur les données diurnes des jours de dépassement du seuil 180 µg/m<sup>3</sup> indique une valeur d'ozone de 180 µg/m<sup>3</sup> à Vertou pour 178 µg/m<sup>3</sup> à St-Sébastien/L.

De même, nous pouvons considérer que les 2 sites de mesure de Vertou et Rezé fournissent des résultats d'ozone statistiquement équivalents que ce soit en moyenne ou en pointe :

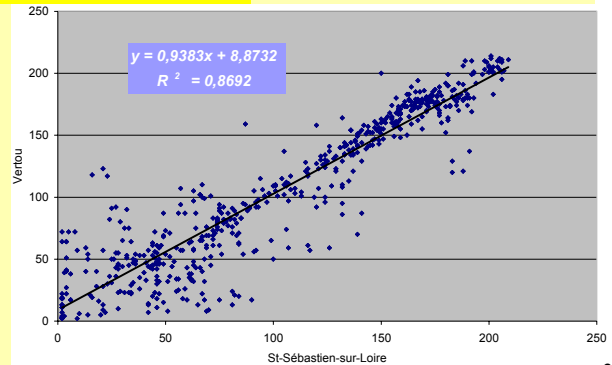
- la droite de régression fondée sur l'ensemble des jours indique une valeur d'ozone de 70 µg/m<sup>3</sup> à Vertou pour 76 µg/m<sup>3</sup> à Rezé ;
- la droite de régression fondée sur les données diurnes des jours de dépassement du seuil 180 µg/m<sup>3</sup> indique une valeur d'ozone de 180 µg/m<sup>3</sup> à Vertou pour 195 µg/m<sup>3</sup> à Rezé.

Ces conclusions sont confirmées par deux tests statistiques : Kolmogorov-Smirnov, t apparié.

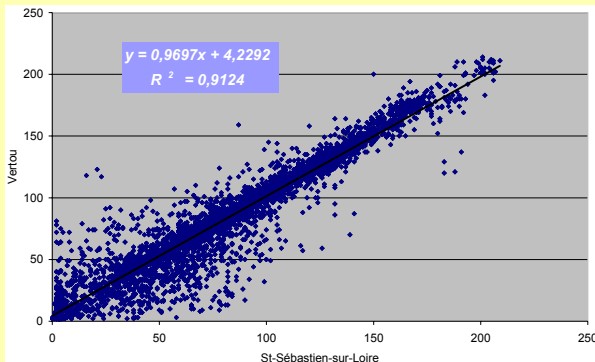
**VERTOU / SAINT-SÉBASTIEN-SUR-LOIRE :**



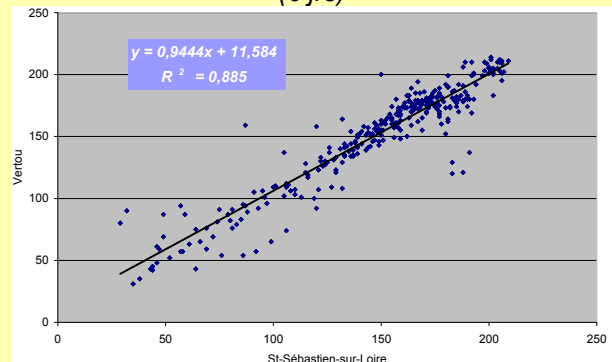
tous les jours (84 jrs)



jours où la concentration d'O<sub>3</sub> a dépassé 180 µg/m<sup>3</sup>  
(6 jrs)

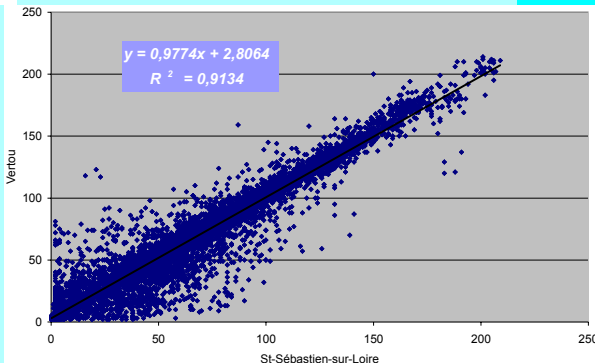


jours où la température de l'air a dépassé 25°C  
(40 jrs)

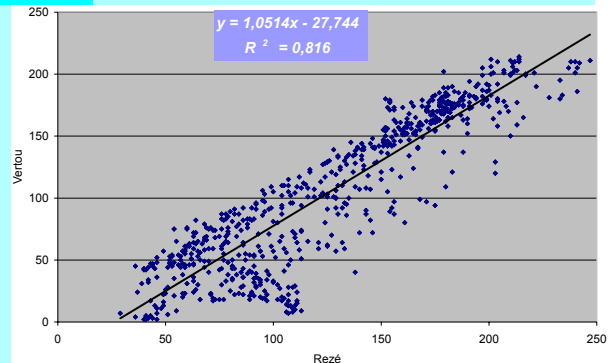


jours où la concentration d'O<sub>3</sub> a dépassé 180 µg/m<sup>3</sup>  
de 7h15 à 20h TU (6 jrs)

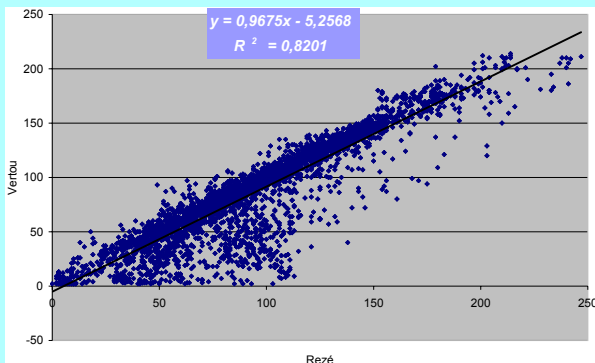
**VERTOU / REZÉ :**



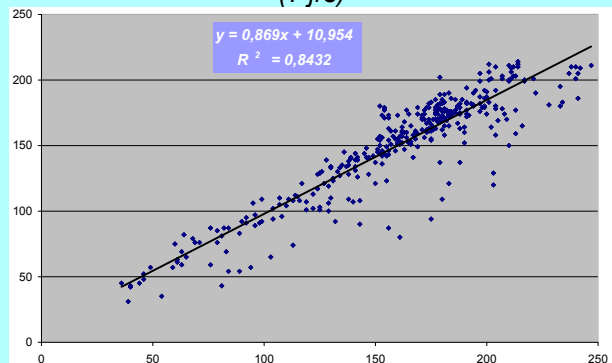
tous les jours (84 jrs)



jours où la concentration d'O<sub>3</sub> a dépassé 180 µg/m<sup>3</sup>  
(7 jrs)



jours où la température de l'air a dépassé 25°C  
(40 jrs)



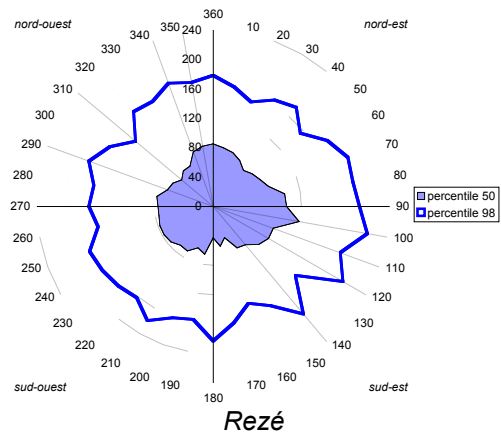
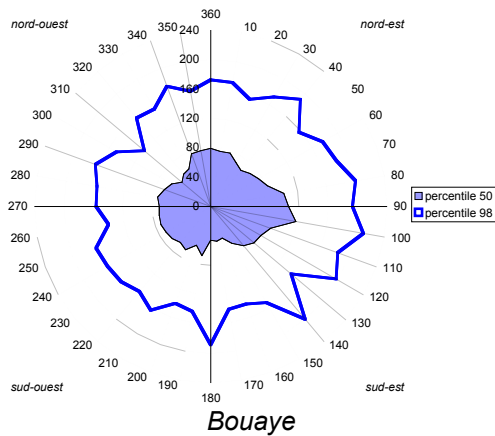
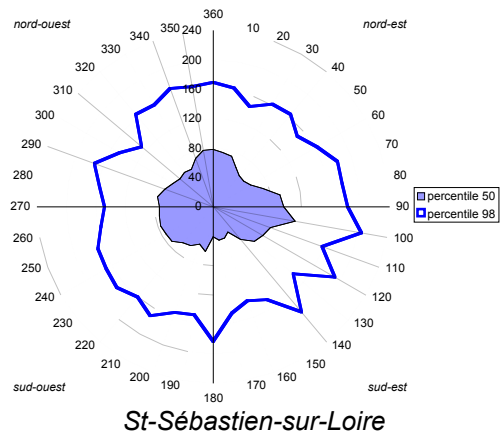
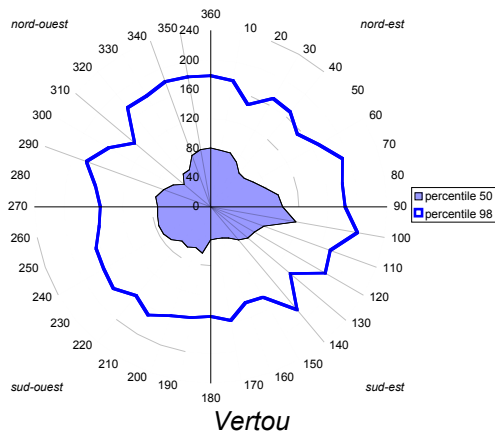
jours où la concentration d'O<sub>3</sub> a dépassé 180 µg/m<sup>3</sup>  
de 7h15 à 20h TU (7 jrs)

graphiques 7 à 14 : droites de régression pour l'ozone entre Vertou et St-Sébastien/L (en haut) et entre Vertou et Rezé (en bas)

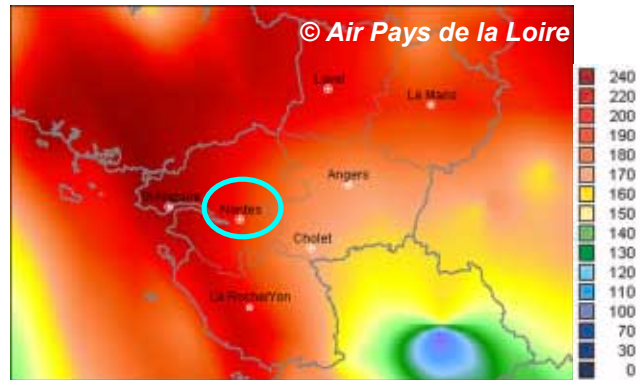
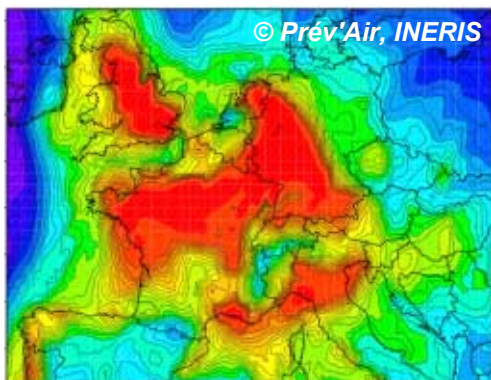
### 3.2.5. Des roses de pollution homogènes

Les roses de pollution par l'ozone (qui représentent les concentrations de polluant enregistrées en fonction de la direction des vents) montrent, pour tous les sites de mesure, une grande homogénéité de la pollution par l'ozone quelle que soit la direction du vent. Aucune influence significative de l'agglomération nantaise n'est perceptible pendant la durée de la campagne.

En effet, les concentrations d'ozone mesurées à un endroit donné résultent de l'addition d'une production locale et d'un apport extérieur dû à un transport longue distance. Or, pendant l'été 2003, un apport massif d'ozone en provenance des grandes métropoles européennes et bassins industriels situés à l'Est des Pays de la Loire (agglomération parisienne, Bénélux, Angleterre, Ruhr) a été constaté (cf. cartes) et a masqué l'influence de la pollution générée par l'agglomération nantaise sur sa périphérie.



graphiques 15 à 18 : roses de pollution par l'ozone du 04/07 au 25/09/2003



cartes 2 et 3 : Cartographie des concentrations maximales d'ozone sur l'Europe (à gauche) et dans les Pays de la Loire (à droite) le 9 août 2003

### 3.3. Les oxydes d'azote

#### 3.3.1. Des concentrations faibles de dioxyde d'azote

Durant la campagne de mesure (juillet à septembre 2003), la pollution par le dioxyde d'azote a été le plus souvent faible (15 à 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne par site) dans l'agglomération nantaise. Ces niveaux de dioxyde d'azote sont conformes à ceux habituellement mesurés pendant l'été dans la région.

Des différences de concentrations de dioxyde d'azote ont été observées entre les sites de mesure : Les concentrations moyennes de dioxyde d'azote ont été légèrement moins élevées à Vertou que sur les autres sites de mesure.

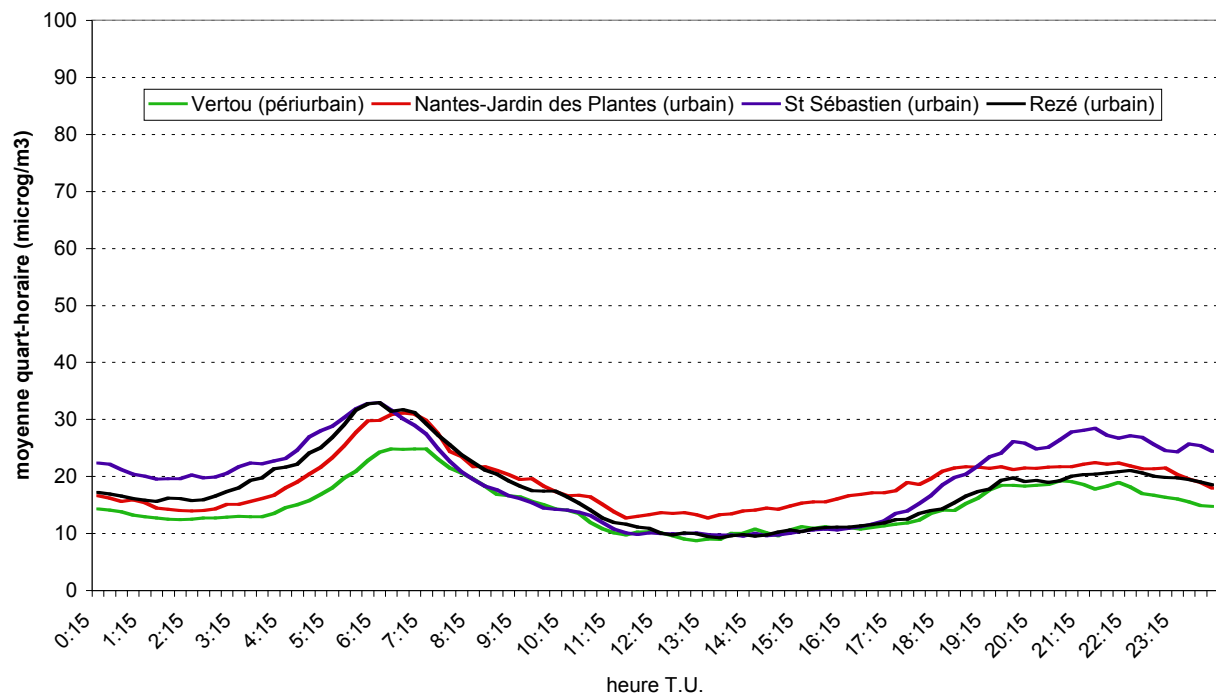
(résultats exprimés en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Vertou	St-Sébastien/L	Nantes-Jardin	Rezé
Moyenne	15	20	19	18
Maximum des moyennes journalières	30	43	48	47
Maximum des moyennes horaires*	103	117	105	99

\* moyenne horaire calculée chaque quart d'heure

tableau 7 : indicateurs des concentrations de dioxyde d'azote

Le profil moyen journalier de la pollution par le dioxyde d'azote à Vertou est légèrement différent de celui des autres stations (cf. graphique suivant) : La nuit, les concentrations de dioxyde d'azote sont plus faibles à Vertou que sur les autres stations de surveillance.

Dans leur ensemble, les profils journaliers moyens de pollution par le dioxyde d'azote ont montré un profil semblable à Vertou et sur les autres stations de mesure de l'agglomération : au cours de la journée, la pollution par le dioxyde d'azote montre deux hausses le matin et le soir, en corrélation avec les variations du trafic routier. L'augmentation du début de journée est souvent la plus élevée, liée à l'amplitude de la hausse matinale de circulation et à la faible épaisseur de la couche atmosphérique de mélange en fin de nuit.



graphique 19 : Profils moyens journaliers de dioxyde d'azote à Vertou et sur les sites de comparaison de l'agglomération

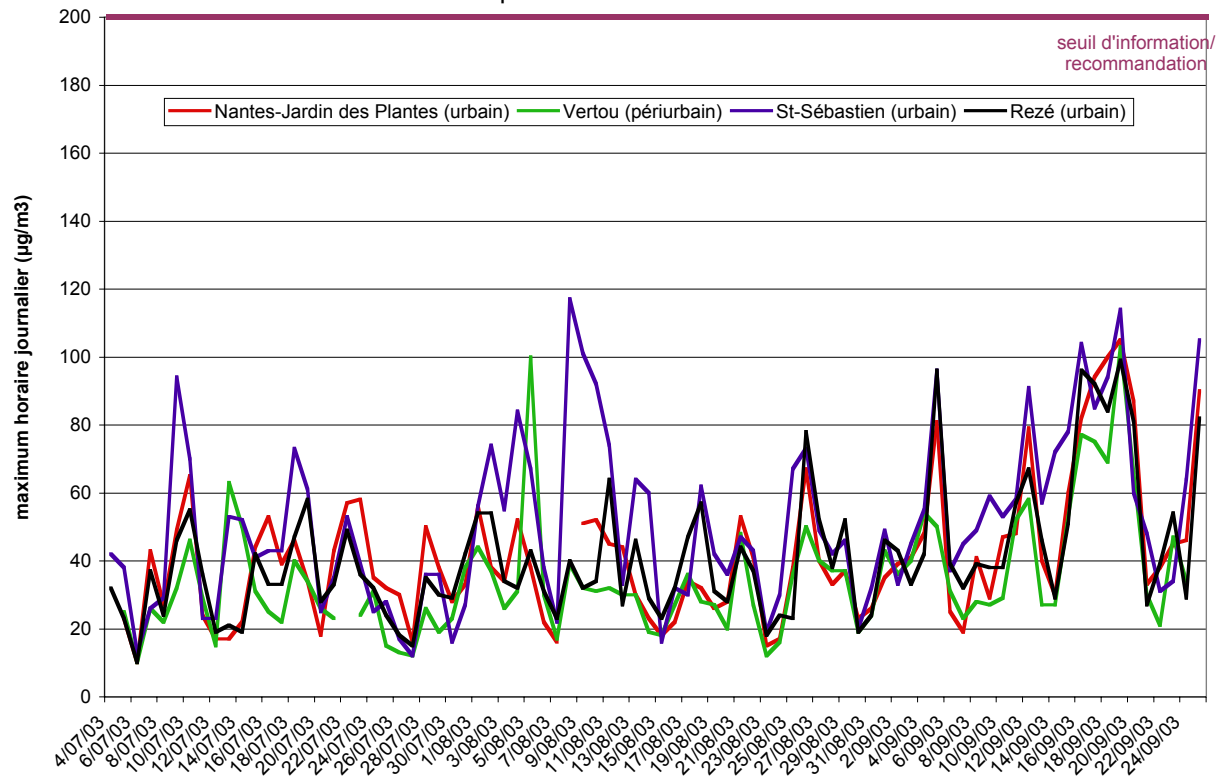
### 3.3.2. Aucun risque de dépassement des seuils réglementaires pour le dioxyde d'azote

Le tableau suivant présente les seuils réglementaires en vigueur pour le dioxyde d'azote.

<b>Dioxyde d'azote</b>
<b>Valeur limite</b> 40 µg/m <sup>3</sup> en moyenne annuelle (marge de tolérance 2003 : + 14 µg/m <sup>3</sup> ) 200 µg/m <sup>3</sup> en moyenne horaire, à ne pas dépasser pendant plus de 175 h par an 200 µg/m <sup>3</sup> en moyenne horaire, à ne pas dépasser pendant plus de 18 h par an (marge de tolérance 2003 : + 70 µg/m <sup>3</sup> )
<b>Objectifs de qualité</b> 40 µg/m <sup>3</sup> en moyenne annuelle
<b>Seuils d'information et d'alerte</b> information : 200 µg/m <sup>3</sup> en moyenne horaire alerte : 400 µg/m <sup>3</sup> en moyenne horaire alerte : 200 µg/m <sup>3</sup> en moyenne horaire si procédure d'information/recommandation déclenchée la veille et le jour même et si risque de nouveau déclenchement pour le lendemain)

tableau 8 : seuils réglementaires pour le dioxyde d'azote

La campagne de mesure n'ayant duré que 3 mois, une comparaison stricte avec les objectifs de qualité et valeurs limites basés sur des calculs annuels n'a pu être effectuée. Il est toutefois à noter que les concentrations moyennes de dioxyde d'azote enregistrées à Vertou pendant la campagne de mesure sont éloignées de l'objectif de qualité et valeur limite 40 µg/m<sup>3</sup>. Le maximum des moyennes horaires ayant atteint seulement 99 à 117 µg/m<sup>3</sup> selon les sites de mesure (cf. graphique), il est peu probable que les valeurs limites fixées à 200 et 270 µg/m<sup>3</sup> et les seuils d'information et d'alerte aient été dépassés sur l'année entière.



graphique 20 : Niveaux horaires maxima journaliers de dioxyde d'azote à Vertou et sur les sites de comparaison de l'agglomération

### 3.3.3. Des rapports NO/NO<sub>2</sub> faibles

Commune	Rapport NO/NO <sub>2</sub>
Nantes-Jardin des Plantes	0,24
Rezé	0,25
St-Sébastien-sur-Loire	0,46
Vertou	0,23

*tableau 9 : rapports NO/NO<sub>2</sub>*

Les rapports NO/NO<sub>2</sub> enregistrés à Vertou et sur les autres sites de mesure sont très faibles et tous inférieurs à 1,5, ce qui caractérise des sites de mesure non soumis à l'influence directe d'émissions d'oxydes d'azote d'origine automobile. Le site de Vertou présente le rapport le plus faible ce qui signifie qu'il est le moins influencé directement par le trafic automobile.



## 4. Conclusions - Perspectives

Bien que les résultats d'ozone enregistrés cet été à Vertou n'aient pas été statistiquement différents de ceux de St-Sébastien/L, il est préconisé la mise en œuvre de la surveillance des concentrations d'ozone à Vertou pendant au moins deux années. En effet, cette commune satisfait aux critères nationaux d'implantation des stations périurbaines de surveillance de la qualité de l'air et des dépassements du seuil d'information/recommandation  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y ont été enregistrés pendant 6 jours de l'été 2003. De plus, à deux reprises, Vertou a été l'unique site où ce seuil a été dépassé simultanément avec Rezé.

Air Pays de la Loire entame une réflexion sur l'organisation de son dispositif de surveillance dans le cadre du Plan Stratégique de Surveillance de la Qualité de l'Air. Une des orientations tend à développer la surveillance de l'ozone en milieu rural. La surveillance de l'ozone mise en place à Vertou pourrait donc être complétée ou remplacée par des mesures d'ozone dans une commune rurale éloignée de Nantes.