

# Etude de la qualité de l'air sur la commune de Veauche

Cartographie des rejets atmosphériques  
de la verrerie BSN GlassPack  
et  
validation du site industriel



Hivers 2001 - 2002



Association de Mesure de la Pollution  
Atmosphérique de Saint-Etienne et  
du département de la Loire

2, Rue Chanoine Ploton  
42 000 Saint-Etienne  
Tél. : 04.77.91.18.80 / Fax : 04.77.91.18.84

Internet : [www.atmo-rhonealpes.org](http://www.atmo-rhonealpes.org)

**AMPASEL**  
**E-01.02/2**  
**E-01.04/2**

### *Conditions de diffusion des données*

- ❖ Diffusion libre pour une réutilisation ultérieure des données à conditions que l'utilisation partielle ou totale de ce document fasse référence à l'Association AMPASEL.
- ❖ Document non rediffusé en cas de modification ultérieure des données.
- ❖ Sur demande, AMPASEL met à disposition les caractéristiques techniques de mesure et des méthodes d'exploitation des données mises en œuvre.

## SOMMAIRE

<b>CONTEXTE</b>	<b>5</b>
<hr/>	
<b>1<sup>ÈRE</sup> PARTIE : CARTOGRAPHIE DES REJETS ATMOSPHERIQUES DE LA VERRERIE BSN GLASS PACK</b>	<b>7</b>
<hr/>	
<b>I- PRÉSENTATION DE LA CAMPAGNE D'ÉTUDE</b>	<b>7</b>
A - Choix des indicateurs	7
B – Moyens techniques	7
C - Période de mesure	9
D - Maillage de la zone d'étude	10
E - Conditions météorologiques	11
F - Densité de la population	13
G - Topographie de la zone d'étude	13
<b>II - ANALYSE DES RÉSULTATS</b>	<b>14</b>
A – Station fixe de Veauche	14
B - Validation des échantillonneurs passifs	16
<b>III - ANALYSE ET INTERPOLATION GÉOSTATISTIQUE</b>	<b>19</b>
A - Analyse statistique	19
B - Interpolation géostatistique	20
<hr/>	
<b>2<sup>ÈME</sup> PARTIE : VALIDATION DE LA STATION INDUSTRIELLE DE VEAUCHE</b>	<b>25</b>
<hr/>	
<b>I - PRÉSENTATION DE LA CAMPAGNE DE MESURE</b>	<b>25</b>
A – Stratégie d'échantillonnage	25
B – Planning de mesure	26
C - Conditions météorologiques	26
<b>II – ANALYSE DES RÉSULTATS</b>	<b>27</b>
A – Le dioxyde de soufre	27
B – Les oxydes d'azote	29
<hr/>	
<b>CONCLUSION</b>	<b>33</b>
<hr/>	
ANNEXE 1 : LOCALISATION DES SITES DE MESURES PONCTUELS	36
ANNEXE 2 : BILAN DES CONCENTRATION DE DIOXYDE DE SOUFRE PAR CAMPAGNE	38
ANNEXE 3 : BILAN DES CONCENTRATION DE DIOXYDE D'AZOTE PAR CAMPAGNE	39
ANNEXE 4 : SITES D'ÉCHANTILLONNAGE STATION MOBILE	40
ANNEXE 5 : RÉSULTATS DE MESURES DE L'ÉTUDE HIVERNALE 2001 -2002	41
ANNEXE 6 : MESURES SUR LA COMMUNE DE VEAUCHE HIVER 2001 – 2002	42



## Contexte

Dans le cadre de l'extension de la surveillance du département de la Loire initiée en 1997, AMPASEL a procédé à une étude d'investigation dans le but d'évaluer la qualité de l'air dans des lieux inexplorés pour y implanter en fonction des risques sanitaires pour la population et des préconisations nationales de futurs sites de surveillance permanents.

Ce travail réalisé entre 1997 et 1998 par le réseau consœur de Rhône-Alpes ASCOPARG à l'aide d'un camion mobile, a mis en évidence l'intérêt de suivre en continu les phénomènes d'accumulation et de retombées de panaches industriels de la verrerie BSN GLASS PACK sur la commune de Veauche du fait:

- de valeurs élevées en dioxyde de soufre et en poussières enregistrées durant cette campagne, nettement supérieures aux sites fixes d'AMPASEL,
- de son activité fortement émettrice en dioxyde de soufre, oxydes d'azote et poussières,
- de la proximité de la population, en pleine expansion dans ce secteur.

A partir des recommandations de cette étude, AMPASEL a installé en octobre 1998 une station de mesure fixe, située rue du Stade à proximité des mesures initiales. Équipée de trois analyseurs automatiques de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> et PM10, l'évolution de la qualité de l'air y est depuis suivi au quotidien.

Après plusieurs mois d'exploitation, l'analyse des données a montré une faible apparition de pics de dioxyde de soufre et de poussières malgré les rejets industriels réguliers. La pertinence de l'implantation de la station a alors été soulevée notamment par rapport à la faible proportion de vent d'ouest nécessaire pour être sous l'influence du panache de fumées.

AMPASEL a décidé d'engager des mesures complémentaires sur une plus grande échelle afin de vérifier la représentativité de ce site à vocation industrielle à l'aide de techniques innovantes et de moyens plus importants que pour l'étude initiale.

- ❖ De janvier à mars 2001, une première étude, basée sur l'échantillonnage passif et l'interpolation géostatistique, avait pour objectif de reproduire sur une surface de 6km<sup>2</sup> le phénomène de panache industriel autour de la verrerie BSN.
- ❖ De novembre 2001 à février 2002, la station mobile de l'Association a été implantée sur 3 sites validés à partir des conclusions de l'étude précédente pour confirmer avec certitude la nécessité de déplacer ou non la station existante. La finalité de ce travail est de rechercher l'emplacement sur la commune de Veauche où les habitants sont soumis au niveau maximum de pollution d'origine industrielle induit par des phénomènes de panache ou d'accumulation.



# 1<sup>ère</sup> PARTIE : Cartographie des rejets atmosphériques de la verrerie BSN GLASS PACK

## I- Présentation de la campagne d'étude

### A - Choix des indicateurs

L'industrie du verre est une source importante en polluants primaires car elle nécessite le fonctionnement permanent de fours à très haute température alimentés au fuel ou au gaz. Le département de la Loire compte deux industries de ce type situées à Veauche et Saint-Romain-le-Puy.

D'après l'inventaire des émissions du secteur industriel de Rhône-Alpes de 1994 réalisé par le CITEPA<sup>1</sup>, ces deux verreries étaient responsables sur le département de :

- 93 % des émissions de dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>),
- 81 % des émissions d'oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>),
- 86 % des particules en suspension (PS),
- et 100 % des émissions de chlore gazeux (HCl).

Parmi ces quatre polluants, le dioxyde de soufre est le polluant privilégié pour signaler la présence de ces rejets industriels à l'air ambiant. Réglementé par la directive européenne n°99/30/CEE du 22 avril 1999, il est utilisé comme traceur de la pollution industrielle.

Afin de quantifier la part de la pollution automobile sur cette zone, il a été décidé de mesurer en parallèle les teneurs en dioxyde d'azote.

### B – Moyens techniques

La cartographie de la pollution atmosphérique sur des zones géographiquement étendues nécessite un grand nombre de points de mesure simultanément. Difficilement réalisable avec les techniques de mesure classiques, on privilégie la méthode de l'échantillonnage passif basée sur le principe de la diffusion moléculaire d'un polluant dans l'air à travers un milieu absorbant.

Cette technique de mesure présente de nombreux intérêts :

- spécifique pour un polluant donné,
- possibilité d'utilisation en grand nombre,
- facilité de mise en œuvre sur le terrain,
- faible coût,
- aucun calibrage.

Les tubes Palmes de la société Suisse Passam Ag ont été choisis pour mesurer le dioxyde d'azote et le dioxyde de soufre. Ces capteurs se présentent sous forme de tubes cylindriques.

---

<sup>1</sup> CITEPA : Centre Interprofessionnel Technique d'Études de la Pollution Atmosphérique

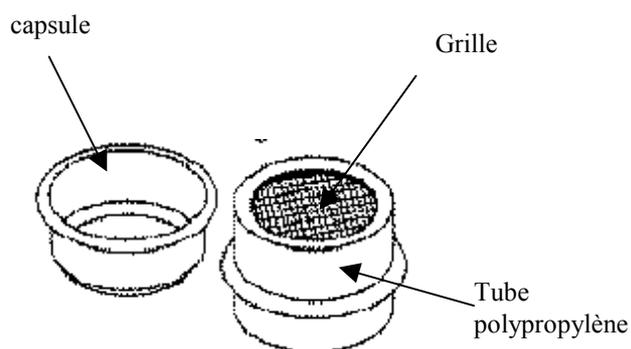


Figure 1 : capteurs SO<sub>2</sub>

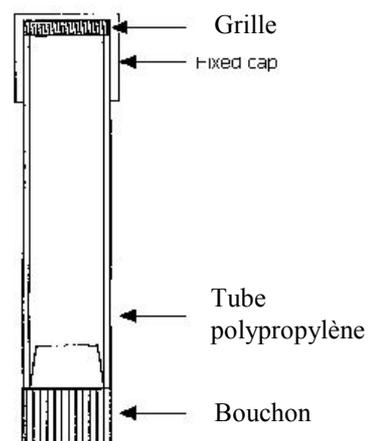


Figure 2 : capteurs NO<sub>2</sub>

Ils sont constitués d'une grille imprégnée d'une substance absorbante : la triéthanolamine pour le NO<sub>2</sub> et un mélange de carbonate de potassium et de glycol pour le SO<sub>2</sub>. Au contact de ces grilles, il se produit une réaction chimique spécifique entre l'absorbât et le polluant. Pour le dioxyde de soufre une membrane en téflon soutenue par un treillis en fil de fer permet de diminuer l'effet du vent.

Les tubes sont exposés à l'air ambiant à l'intérieur de boîtes de protection qui permettent de réduire l'influence du vent et du soleil sur le débit d'échantillonnage et la stabilité du réactif.

Lors de la pose, les tubes NO<sub>2</sub> sont disposés verticalement dans la boîte après avoir enlever le bouchon inférieur. Les capteurs SO<sub>2</sub> sont décapsulés et clipsés selon le modèle décrit ci-après.



Figure 3 : dispositif de protection des tubes NO<sub>2</sub>

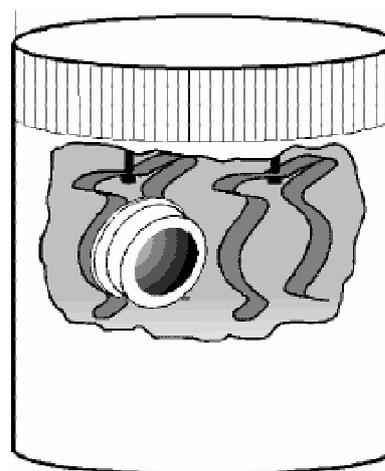


Figure 4 : dispositif de prélèvement des tubes SO<sub>2</sub>

La durée d'exposition de ces tubes sur le terrain est de 14 jours afin d'évaluer le niveau moyen de ces polluants dans l'air ambiant.

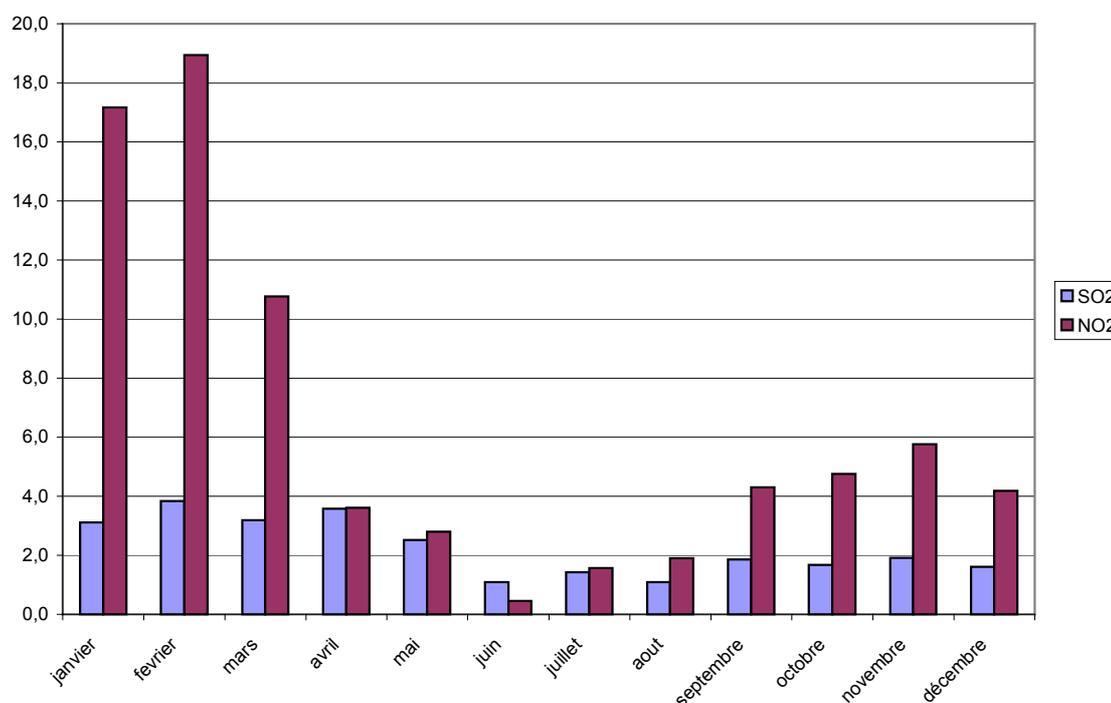
A la fin de la période d'exposition, les capteurs sont récupérés puis conservés au réfrigérateur pour éviter toute réaction chimique parasite ou évaporation du réactif avant d'être envoyés en Suisse dans le laboratoire d'analyse environnementale de la société Passam Ag :

- les tubes NO<sub>2</sub> sont analysés par la réaction de colorimétrie de Saltzman à 540 nm,
- la quantité de SO<sub>2</sub> absorbée est déterminée par chromatographie ionique.

### C - Période de mesure

La période hivernale propice à l'accumulation des polluants primaires a été privilégiée pour suivre la pollution industrielle sur Veauche. D'après ce graphique, les mois de janvier, février et mars représentent les maxima mensuels pour les deux polluants recherchés. Leur présence accrue est favorisée par les conditions de stabilité atmosphérique plus fréquentes à cette période de l'année.

Évolution mensuelle du site industriel de Veauche en 2000



Le planning d'échantillonnage des capteurs passifs est :

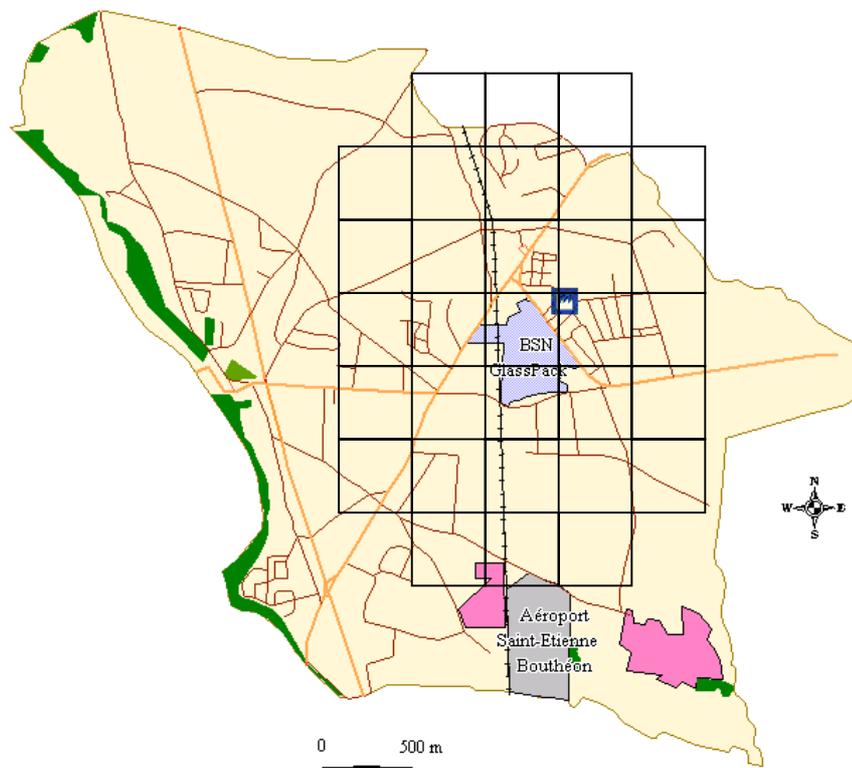
	Pose des tubes	Ramassage
19 janvier 2001	*	
2 février 2001	*	*
16 février 2001	*	*
2 mars 2001	*	*
16 mars 2001		*

## D - Maillage de la zone d'étude

La couverture homogène du territoire autour de ce site industriel est basée sur un maillage dont la géométrie prend en compte 5 critères :

- la densité de la population,
- la superficie de la commune,
- la topologie,
- les conditions météorologiques (vents dominants),
- les exigences du logiciel d'interpolation pour la cartographie.

Le maillage doit permettre en un nombre minimum de points de prélèvement de représenter avec précision les secteurs soumis aux retombées des effluents industriels. La superficie totale de l'étude de 6km<sup>2</sup> est découpée en mailles de 400 mètres de côté avec un nombre de maille plus important dans l'axe nord-sud en relation avec les vents dominants.



Les critères d'implantation des sites sur le terrain sont :

- ❖ présence de poteaux électriques, téléphoniques ou d'éclairages publics,
- ❖ hauteur de pose entre 3 et 4 mètres du sol,
- ❖ libre de tout obstacle (au moins 180° contre un mur),
- ❖ éviter les grandes voies de circulation et privilégier les voies annexes.

Au total, la zone d'étude est couverte par 31 sites ponctuels comprenant la station fixe.



**Exemple de support**

Les opérations de pose et de ramassage des tubes ont été effectuées par une équipe composée de deux personnes. La tournée s'est toujours déroulée dans le même sens afin que les sites aient des durées d'exposition similaires.

### Répartition des tubes

- Chaque site était équipé d'un tube NO<sub>2</sub> et d'un tube SO<sub>2</sub>. Pour vérifier la précision de cette technique en comparaison aux analyseurs de référence, la station fixe disposait de 3 tubes par polluant.

- Des "blancs transports" ont servi à mettre en évidence une éventuelle dérive des capteurs durant les opérations de pose et de ramassage.

- Des "blancs frigo" ont été conservés pendant l'intégralité de l'étude au réfrigérateur. Ceux-ci ont permis d'étudier le comportement des capteurs par rapport au transport entre le fournisseur et l'Association ou à une éventuelle dégradation du réactif.

## **E - Conditions météorologiques**

Les conditions météorologiques jouent un rôle essentiel sur la répartition spatiale des polluants et plus particulièrement le vent dans le cas de phénomène de panache industriel.

Les données météorologiques fournies par la station Météo-France de l'aéroport d'Andrézieux-Bouthéon située dans la zone de l'étude sont parfaitement représentatives des conditions autour de l'usine BSN.

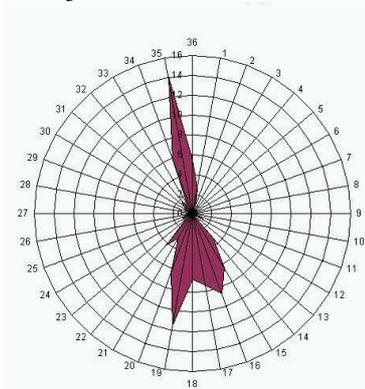
Bilan des données relevées entre le 19 janvier et le 16 mars 2001 :

		19/01 - 2/02	2/02 - 16/02	16/02 - 2/03	2/03 - 16/02
<b>Température</b> en °C	Moyenne	4,1	8,1	2,4	10,9
	Maxi	13,1	16,4	10,8	19,7
	Mini	-5,6	-1,8	-6,8	2,7
	Écart-type	4,2	4,2	3	3,6
<b>Vitesse du vent</b> en m/s	Moyenne	3,3	3,5	3	3,2
	Maxi	11	17	11	9
	Écart-type	2,1	3	2	1,8
<b>Précipitations</b> en mm	Total	19,7	10,2	7,8	70,1
<b>Humidité relative</b> (%)	Moyenne	76	71	77	73

Les températures sont globalement conformes aux normales saisonnières. Il est à noter les fortes précipitations de la dernière série, inhabituelle pour un mois de mars. Elle permettra cependant de vérifier le comportement des capteurs en situation de forte humidité.

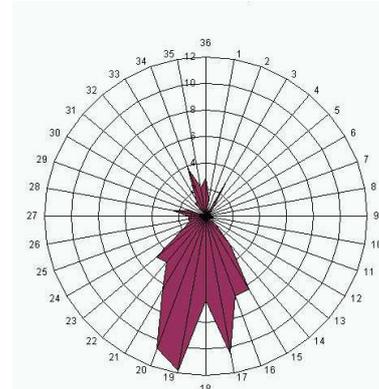
## Rose de vents

1<sup>ère</sup> campagne  
19 janvier - 2 février 2001



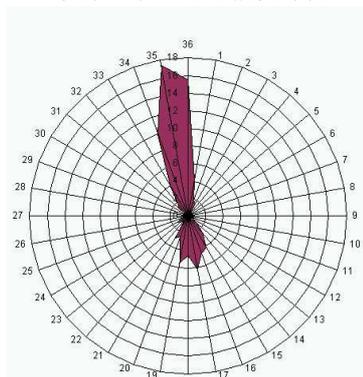
	S	N	E	O	< 2 m/s
Fréquence du vent (%)	54	31	3	6	6

2<sup>ème</sup> campagne  
2 février – 16 février 2001



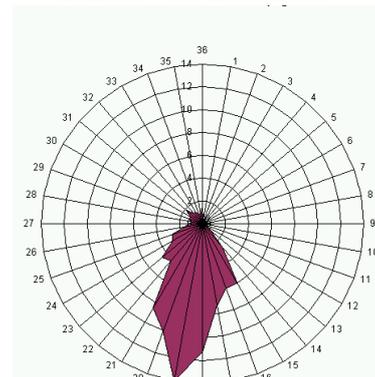
	S	N	E	O	< 2 m/s
Fréquence du vent (%)	61	16	4	13	6

3<sup>ème</sup> campagne  
16 février – 2 mars 2001



	S	N	E	O	< 2 m/s
Fréquence du vent (%)	31	52	4	5	8

4<sup>ème</sup> campagne  
2 mars – 16 mars 2001



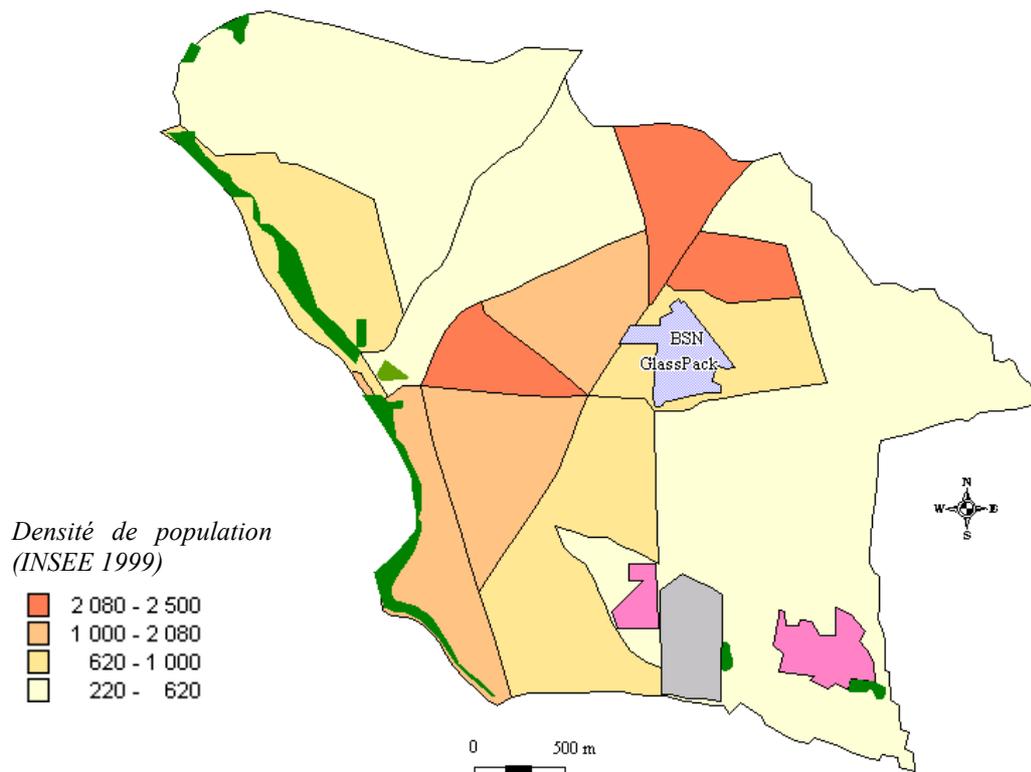
	S	N	E	O	< 2 m/s
Fréquence du vent (%)	68	7	5	18	2

Ces roses de vent montrent plusieurs changements de direction du vent au cours des campagnes successives. C'est une très bonne opportunité pour analyser différents scénarios de retombée de panache selon les cas de figure :

- Alternance de vent du nord et du sud lors de la 1<sup>ère</sup> série,
- Omniprésence du vent de secteur sud les 2<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> série avec dans le premier cas un temps très venté tandis que le second est associé à de fortes précipitations,
- Importance du vent de secteur nord à 52% pour la 3<sup>ème</sup> série,

A noter la faiblesse des vents calmes, inférieurs à 2 m/s ainsi que les flux d'ouest pourtant nécessaire pour échantillonner le panache industriel au niveau de la station fixe.

## F - Densité de la population

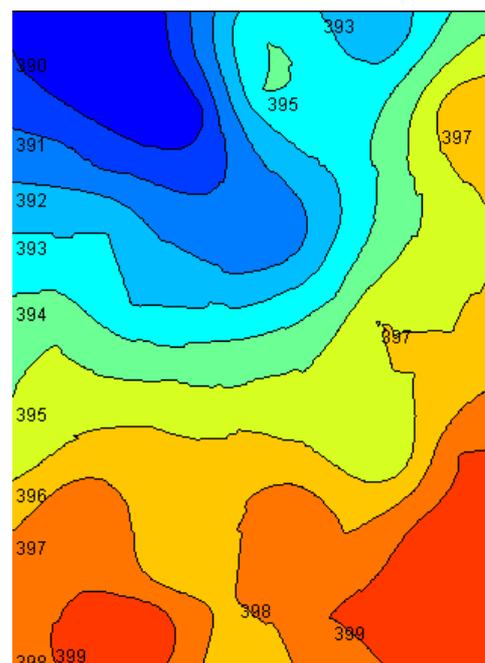


La population se concentre autour des principaux axes de circulation, à savoir la RN82 et la RD12. Par rapport à la zone d'étude, le nord du maillage présente un intérêt particulier en raison d'une densité de population plus élevée. A l'inverse, au sud de l'usine BSN, le nombre d'habitation est minime au milieu d'une zone agricole.

## G - Topographie de la zone d'étude

La commune de Veauce se situe dans la Plaine du Forez à une altitude moyenne de 395 mètres. De ce fait, le relief peu escarpé ne devrait pas influencer la trajectoire du panache de fumée une fois au sol.

Les variations d'altitude à l'intérieur même de la zone d'étude sont minimales avec une légère pente de 10 mètres de dénivelé orientée selon un axe sud-est.



## II - Analyse des résultats

### A – Station fixe de Veauche

#### 1. Le dioxyde de soufre

respect des normes réglementaires en 2000

	Seuils réglementaires	Saint-Etienne Coubertin	Saint-Etienne sud	Firminy	Saint Chamond	Veauche	Roanne
résultats en $\mu\text{g}/\text{m}^3$							
Moyenne annuelle *	40	5	4	3	3	2	3
Maximum horaire *	600	48	50	41	74	130	45
Date		27-janv	26-janv	4-janv	2-févr	21-mai	5-mai
Percentile 98 **	350	15	11	11	11	12	9

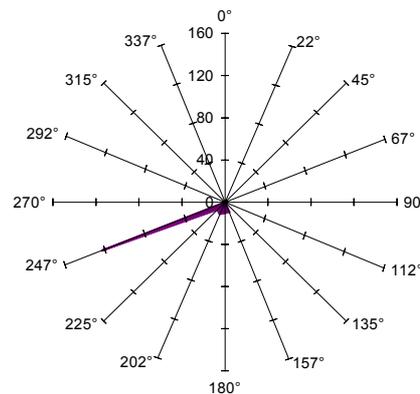
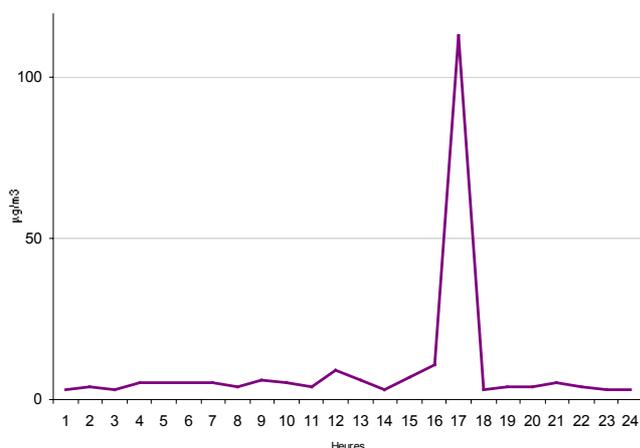
\* calculé sur l'année tropique (1er avril 1999 au 31 mars 2000)

\*\* Percentile 98 : seuil à ne pas dépasser plus de 7 jours par an sur l'année tropique

Le dioxyde de soufre est en nette diminution sur l'ensemble du département depuis 1993. Aucun dépassement des normes réglementaires n'a été relevé à ce jour.

La spécificité de la station industrielle de Veauche provient de l'apparition ponctuelle de pics de  $\text{SO}_2$ , supérieurs à  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  par heure, provoqués par la retombée au sol du panache de fumées de la verrerie sous l'effet du vent d'ouest/sud-ouest comme en témoigne la rose de pollution ci-après.

Journée particulière enregistrée le 4 février 2001



Rose de pollution du dioxyde de soufre par vent d'ouest – sud ouest

Résultats de mesures de la Station Veauche

		19/01-02/02	02/02-16/02	16/02-02/03	02/03-16/03
SO <sub>2</sub>	Moyenne	3	5	4	4
	Maximum horaire	117	135	101	65
	Maximum Quart-horaire	173	222	192	107
	Validité de fonctionnement	99 %	89 %	90 %	100 %

Les concentrations moyennes fluctuent peu d'une série à l'autre. Les maximums sont obtenus uniquement par vent d'ouest sous l'influence du panache industriel. La 4<sup>ème</sup> période est caractérisée par une proportion de vent d'ouest plus élevée (2 fois plus en moyenne). Cependant, les fortes précipitations ont favorisé le lessivage des polluants primaires.

## 2. Le dioxyde d'azote

respect des normes réglementaires en 2000

résultats en µg/m <sup>3</sup>	<i>Seuils réglementaires</i>						
	Saint-Etienne Coubertin	Roanne	Saint-Etienne sud	Firminy	Saint Chamond	Veauche	
Moyenne annuelle *	<b>40</b>	34	25	23	21	37	<b>13</b>
Maximum horaire	<b>200</b>	189	136	120	115	150	<b>84</b>
Date		27-janv	27-janv	27-janv	4-janv	27-janv	<b>27-janv</b>
Percentile 98 **	<b>135</b>	89	67	71	66	91	<b>42</b>

\* selon directive européenne du 22 avril 1999

\*\* Percentile 98 : seuil à ne pas dépasser plus de 175 heures par an

Les niveaux en dioxyde d'azote mesurés sur le site de Veauche sont bien inférieurs aux sites urbains de Saint-Etienne et Roanne. Ils correspondent majoritairement à la pollution de fond en NO<sub>2</sub> sur la commune.

Résultats de mesures de la Station Veauche

		19/01-02/02	02/02-16/02	16/02-02/03	02/03-16/03
NO <sub>2</sub>	Moyenne	-	18	17	13
	Maximum horaire	58	62	59	60
	Maximum Quart-horaire	61	90	75	68
	Validité de fonctionnement	58 %	74 %	87 %	100 %

Les teneurs observées durant les 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> périodes sont sensiblement identiques. Les conditions climatiques ont aussi conduit à une nette diminution des concentrations en mars.

## B - Validation des échantillonneurs passifs

La démarche consiste à s'assurer par des méthodes statistiques et par comparaison aux analyseurs de référence de la validité des résultats obtenus par cette méthode.

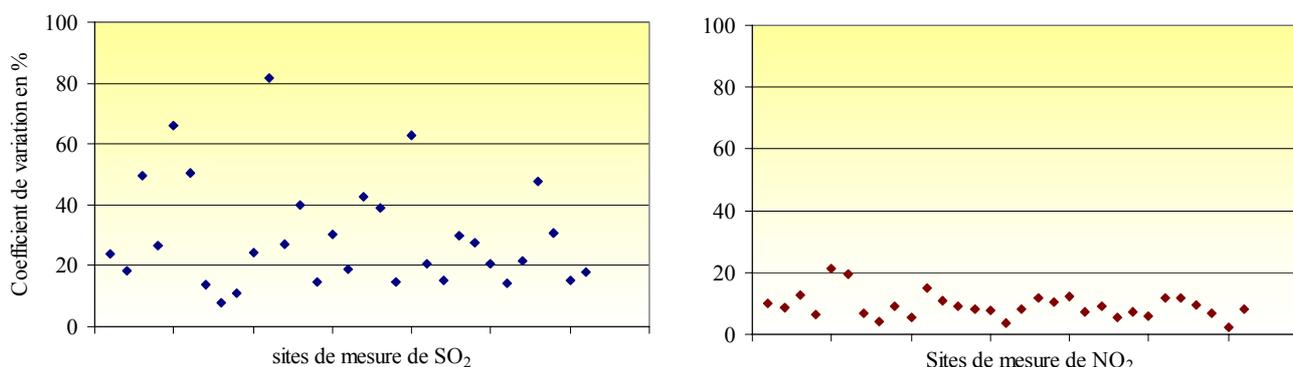
### 1. Coefficient de variation temporelle

Ce premier test permet de visualiser la variation des concentrations sur un même site au cours des 4 séries de mesure. Cette comparaison peut aider à mettre en évidence des données aberrantes d'une campagne à une autre. Les facteurs géographiques et climatiques ne sont pas pris en compte dans le calcul de ce coefficient. Pour un site donné, le coefficient de variation s'exprime de la façon suivante :

$$CV_i = \frac{\text{écart - type des 4 séries du site } i}{\text{moyenne du site } i} * 100$$

Lorsque ce coefficient est compris entre 10 et 30 %, cela indique que la concentration du polluant varie très faiblement d'une période à une autre et garantit ainsi la validité de la mesure.

Au-delà, une analyse plus précise des sites voisins ainsi que l'appréciation des conditions environnementales est nécessaire pour valider les résultats.



Le résultat de ce coefficient de variation très différent entre les 2 polluants signifie que leur présence dans l'atmosphère et leur comportement diverge :

- Les faibles coefficients de variation obtenus pour l'ensemble des sites de NO<sub>2</sub> montrent que la variation de ce polluant dans le temps est stable, caractéristique d'un niveau de pollution de fond.
- Concernant le dioxyde de soufre, la présence de coefficients supérieurs à 40 % témoigne des fortes variations de mesures d'une série à l'autre. Toutefois, ce résultat est à pondérer avec les faibles concentrations obtenues au cours de cette période, responsables d'une possible diminution de la précision de cette méthode.

Ces importantes variations de concentrations sont provoquées par les émissions industrielles : les sites ayant le plus fort coefficient sont situés au nord ou au sud de l'usine BSN exposés plus ou moins fortement au SO<sub>2</sub> selon l'orientation des vents dominants.

Les sites à fort coefficient de corrélation, statistiquement aberrants, ont été étudiés individuellement.

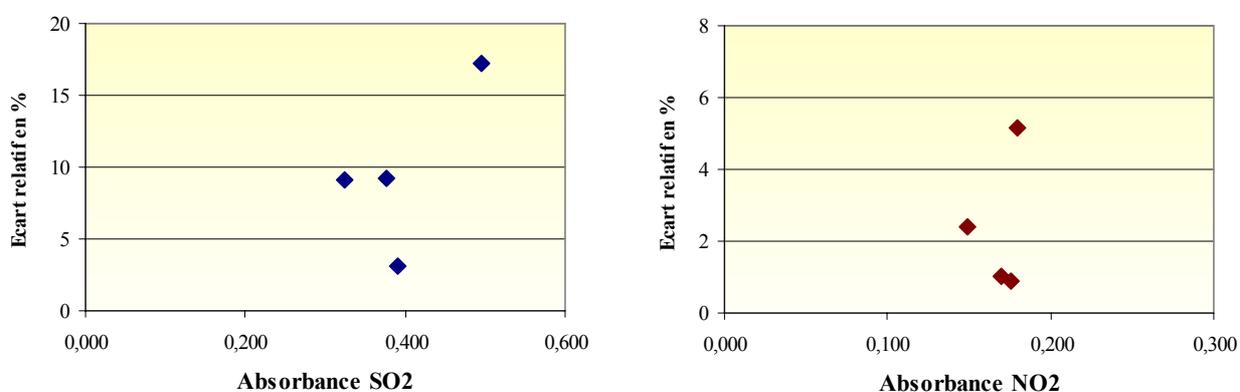
Code du site	Commentaire	Validation
5	Valeur homogène avec les sites voisins	V
6	Valeur homogène avec les sites voisins	V
11	Point corrélé à la direction du vent	V
20	Valeur corrélée aux sites 25 et 29	V
28	Valeur corrélée avec les sites voisins	V

## 2. Analyse des triplets

La précision des capteurs passifs est étudiée à partir de l'écart-type relatif (ER) calculé entre les triplets de SO<sub>2</sub> et NO<sub>2</sub> placés à chaque campagne sur la station fixe.

$$ER = \frac{\text{écart - type du multiplet}}{\text{moyenne des absorbances}} * 100$$

Le laboratoire Passam Ag garantit une précision de 7 % pour ces deux polluants sachant que la Directive Cadre européenne impose un écart maximum de ± 30 %.



Les capteurs de NO<sub>2</sub> ont une bonne répétabilité puisque la précision des résultats est inférieure à 6 %. La première campagne correspond à l'écart relatif le plus élevé.

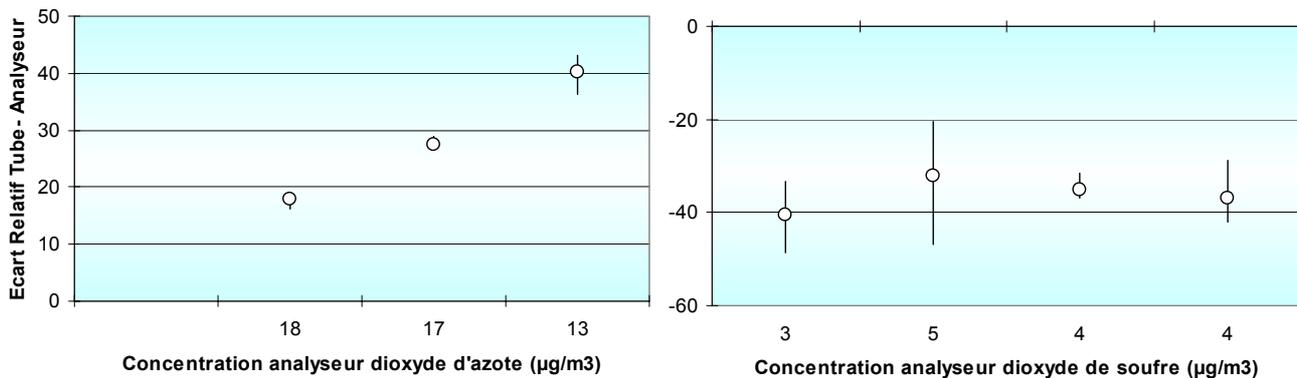
La précision des capteurs de SO<sub>2</sub> reste convenable malgré un écart relatif moyen de 10 % et de 17% lors de la 2<sup>e</sup> campagne. Pour des gammes de concentration aussi faibles comme celles relevées sur Veauche, Passam Ag estime que l'incertitude de ces mesures peut atteindre 50 %.

### 3-Ecart tube-analyseur

Cette dernière étape nous donne la possibilité de vérifier les concentrations obtenues par cette nouvelle technique de mesure, utilisée pour la première fois sur le département. Les valeurs des capteurs relevées sur la station fixe sont comparées à celles des analyseurs, car ces appareils non influencés par les fluctuations environnementales externes sont la référence.

Les données de NO<sub>2</sub> sur la période du 19 janvier au 2 février ne sont pas exploitables compte tenu du taux de fonctionnement de l'appareil inférieur à 75%. L'écart-relatif s'obtient par la formule suivante :

$$ER = \frac{\text{Concentration du tube}}{\text{Concentration de l'analyseur}} * 100$$



Cette comparaison met en évidence un décalage entre les valeurs obtenues par les deux techniques : les capteurs de dioxyde d'azote surestiment de 18 à 42% la concentration réelle tandis que les capteurs de dioxyde de soufre la sous-estiment à hauteur de 40 % sur la durée de l'étude.

A noter pour le NO<sub>2</sub> que cet écart s'accroît lorsque les concentrations moyennes diminuent, notamment lors de la dernière série : les conditions météorologiques ayant certainement joué un rôle important dans ce phénomène.

Ces écarts s'expliquent essentiellement par la sensibilité de l'échantillonnage passif aux paramètres météorologiques. Le laboratoire Passam Ag utilise un facteur de conversion constant pour transformer la valeur d'absorbance issue de l'analyse chimique en une concentration en µg/m<sup>3</sup>. Or ce facteur ne tient pas compte des conditions climatiques propres au département de la Loire ni de la variabilité du climat au cours de ces deux mois de prélèvement.

Afin de supprimer ce biais, clairement identifié pour chacun des polluants, un facteur multiplicatif adapté à chaque période a permis de réajuster toutes les valeurs. Cette correction ne modifie pas les variations spatiales des polluants pour la représentation cartographique mais se rapproche ainsi des valeurs des analyseurs considérées comme représentatives de la réalité.

### III - Analyse et interpolation géostatistique

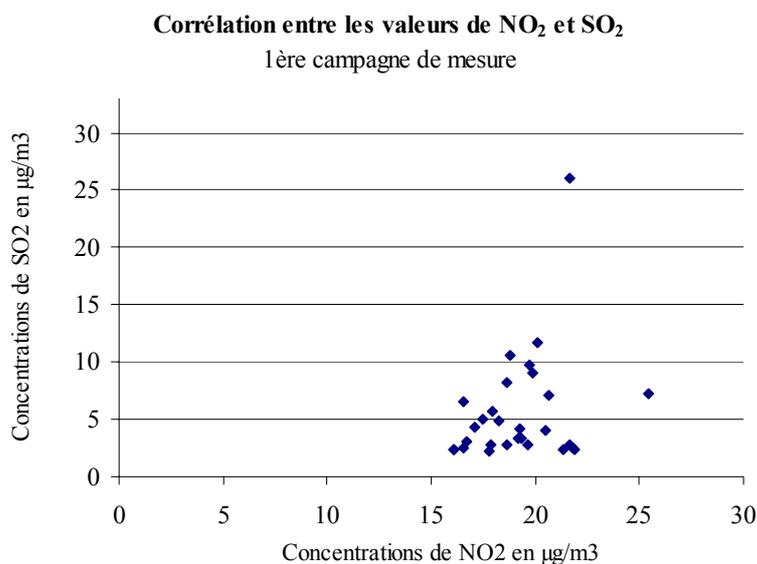
#### A - Analyse statistique

	Min	Max	Moyenne	sites > à la station fixe
<b>Dioxyde d'azote</b>				
19/01-02/02	16	25	19	45%
02/02-16/02	14	28	18	35%
16/02-02/03	15	23	18	58%
02/03-16/03	11	18	12	48%
<b>Dioxyde de soufre</b>				
19/01-02/02	2	26	6	45%
02/02-16/02	1	17	4	26%
16/02-02/03	1	15	5	45%
02/03-16/03	1	11	4	32%

\*Concentration exprimée en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Il est à noter une assez bonne homogénéité des valeurs. 15 sites pour le  $\text{NO}_2$  et 13 sites pour le  $\text{SO}_2$  présentent des valeurs supérieures à celles mesurées par la station fixe. Cela confirme les doutes quant à la sous-estimation de la pollution industrielle par cette station.

Afin de visualiser l'origine de ces deux polluants sur cette zone, une comparaison des deux séries de données est réalisée sur la première campagne représentative d'un équilibre entre vent de sud et de nord. .



Il n'y a pas de relation linéaire directe entre ces deux polluants malgré que le site BSN les émette tous les deux. Si cet industriel était l'unique source de pollution primaire, le graphique ci-dessus devrait afficher une évolution linéaire. Ce nuage de point est révélateur de l'influence d'autres sources de pollution pour le  $\text{NO}_2$  comme le trafic automobile.

## B - Interpolation géostatistique

L'interpolation géostatistique consiste à reproduire à partir d'une série de valeurs connues, une image de la répartition d'un polluant donné sur l'ensemble du territoire étudié. Ce travail a été effectué à partir du logiciel Vertical Mapper, module statistique intégré dans le système d'information géographique Mapinfo 6.5.

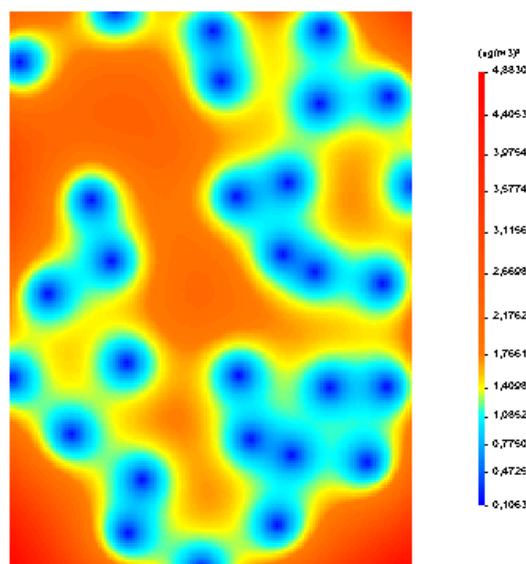
Parmi les méthodes d'interpolation géostatistique à notre disposition, celle du krigeage ordinaire a été retenue pour cette étude en raison de la bonne prise en compte du comportement spatial des données.

En effet, le krigeage prend en compte dans l'estimation des concentrations le comportement spatial du polluant et non la distance entre les points de mesure. Le calcul d'interpolation consiste à estimer des concentrations aux nœuds d'une grille régulière à partir de valeurs connues et de reproduire ensuite à l'échelle de la zone étudiée d'après une fonction statistique adaptée et optimisée par les données expérimentales

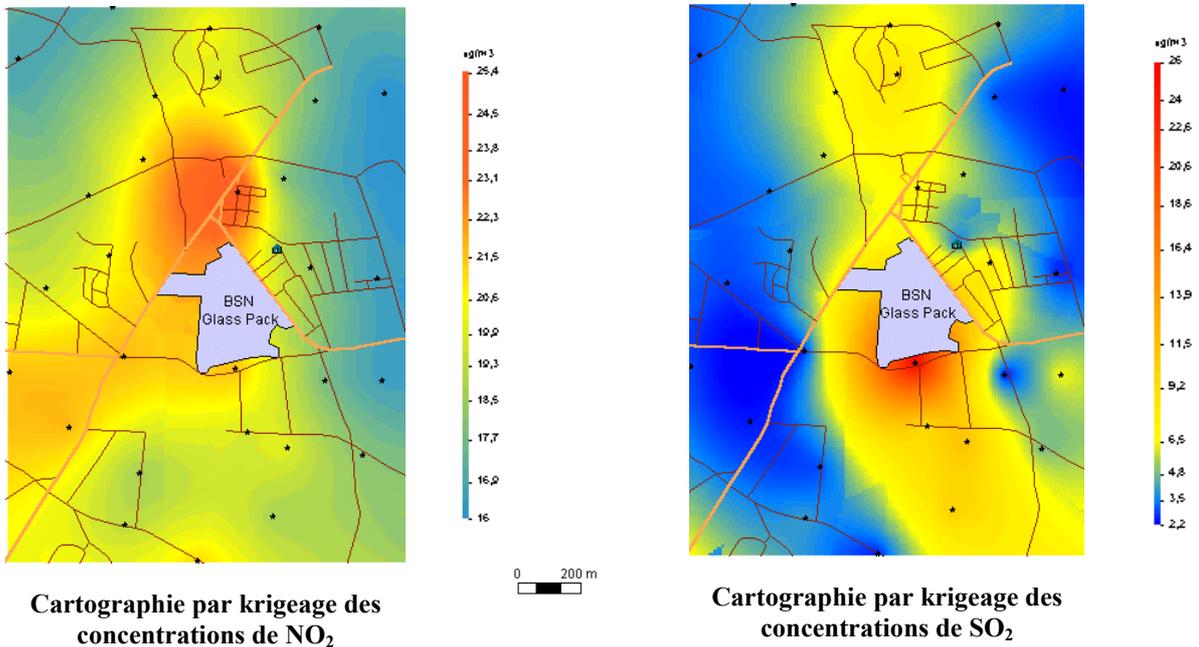
Afin de quantifier les erreurs d'interpolation, on dispose d'une carte de variance pour l'ensemble des valeurs estimées. En général, cette variance est plus faible lorsque le point estimé est proche d'un point de mesure.

Pour les quatre séries de cette étude, les cartes de variance sont similaires. Seule la gamme des valeurs diffère d'une série à l'autre. Cette carte permet de mettre en évidence les zones sous échantillonnées, c'est à dire qui ont une variance élevée. Ces zones sont généralement situées aux limites de la carte car le module mathématique dispose de moins d'information pour calculer correctement la corrélation spatiale. Cela signifie que la précision des cartes est plus faible dans ces zones et que leur interprétation doit être faite avec prudence (phénomène d'extrapolation).

Cette carte montre la présence d'un secteur sous échantillonné au niveau de l'usine BSN. Il aurait fallu poser un capteur dans l'enceinte même de l'usine pour réduire cette variance.



**Variance de krigeage type obtenu  
sur le site de Veauche**

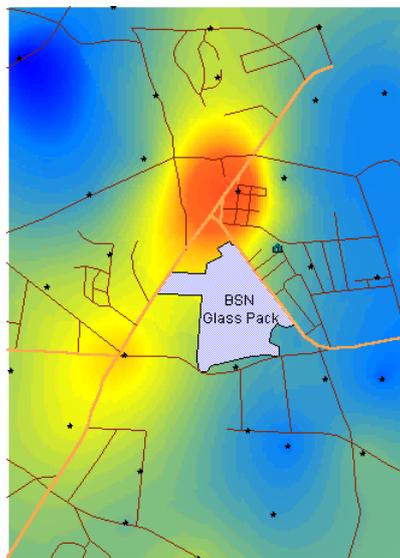
1<sup>ère</sup> série de mesure : du 19 janvier au 2 février 2001

Les concentrations s'échelonnent entre 14 et 28  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour le NO<sub>2</sub> et de 1 à 17  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour le SO<sub>2</sub>.

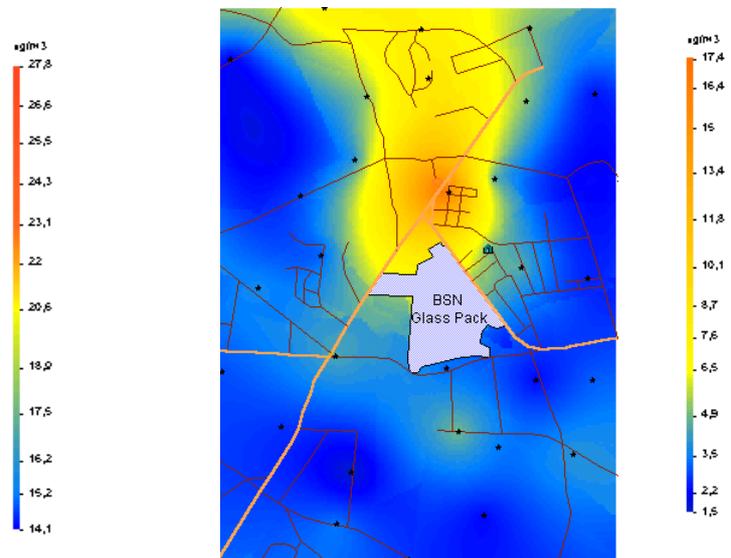
- Cette première campagne met en évidence un axe nord-sud de répartition du dioxyde de soufre au milieu duquel se situe la verrerie BSN. La diminution rapide des concentrations lorsque l'on s'éloigne de l'usine témoigne de la provenance de ce polluant par cette dernière.
- Concernant le NO<sub>2</sub>, l'impact de la verrerie semble être moins prédominant. L'influence du trafic automobile interfère de manière non négligeable sur sa répartition selon la même orientation. Au sud-est de cette zone, des concentrations élevées en NO<sub>2</sub> proviennent des émissions de la RD 12 qui compte plus de 16 000 véhicules par jour. Cette zone se caractérise par une faible concentration en SO<sub>2</sub>.

La carte d'interpolation du SO<sub>2</sub> fait bien ressortir les zones soumises aux rejets industriels. Le SO<sub>2</sub> peut aussi provenir du chauffage domestique et du trafic automobile. Cependant, les quantités émises demeurent infimes par rapport à celles de l'usine BSN.

## 2<sup>ème</sup> série de mesure : du 2 au 16 février 2001



**Cartographie par krigeage des concentrations de NO<sub>2</sub>**



**Cartographie par krigeage des concentrations de SO<sub>2</sub>**

Les concentrations sont comprises entre 16 et 25 µg/m<sup>3</sup> pour le NO<sub>2</sub> et entre 2 et 26 µg/m<sup>3</sup> pour le SO<sub>2</sub>.

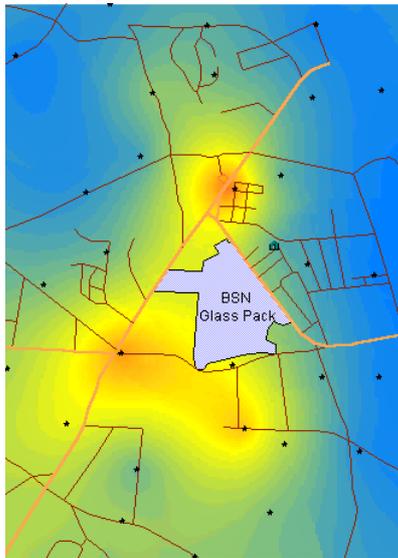
Cette période de mesure est dominée par un vent de secteur sud : les maximums de concentrations se retrouvent logiquement au nord de la commune.

- La représentation des concentrations en SO<sub>2</sub> met parfaitement en évidence le secteur concerné par la retombée du panache de fumées au sol qui s'élargie ensuite latéralement. Une analyse plus approfondie des données météorologiques montre une vitesse supérieure de vents de sud-est qui peuvent induire ce rabattement accru des fumées à proximité de l'usine.

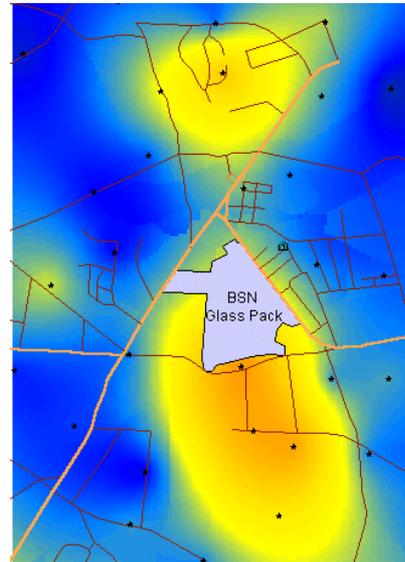
Dans cette zone, comprenant de nombreux riverains, ces phénomènes de panache ont un impact direct sur l'exposition de la population et sur l'environnement. Comme pour la première période, ce sont les sites à proximité de l'usine qui présentent les plus fortes concentrations en SO<sub>2</sub>.

- La représentation spatiale du NO<sub>2</sub> confirme l'influence du trafic automobile tout du long de la RD12. Comparativement à la première période, des zones de plus faibles concentrations apparaissent : elles ne découlent pas d'une diminution locale des émissions mais de la conséquence de la dispersion du NO<sub>2</sub> accentuée par le vent modéré à fort.

### 3<sup>ème</sup> série de mesure : du 16 février au 2 mars 2001



**Cartographie par krigeage des concentrations de NO<sub>2</sub>**



**Cartographie par krigeage des concentrations de SO<sub>2</sub>**



Les concentrations varient entre 15 et 23 µg/m<sup>3</sup> pour le NO<sub>2</sub> et 1 à 15 µg/m<sup>3</sup> pour le SO<sub>2</sub>.

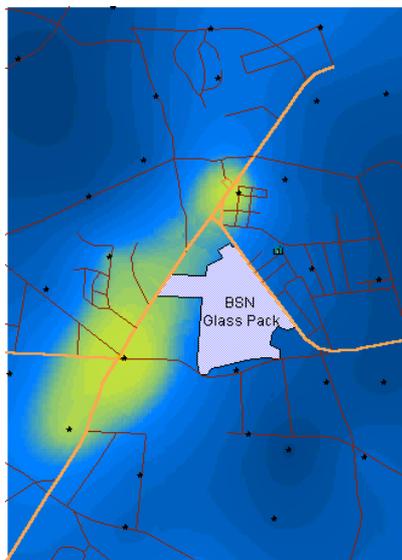
- Cette période se caractérise par la présence la moitié du temps de vents de secteur nord. C'est pourquoi, on retrouve les teneurs en dioxyde de soufre les plus élevées essentiellement au sud de l'usine dans une zone très peu habitée. La forme allongée et la rapide décroissance des concentration de SO<sub>2</sub> témoignent du phénomène de panache de fumées ramené au sol dans un espace très restreint.

Le vent de secteur nord est donc un paramètre favorable quant à l'exposition de la population puisque les polluants retombent dans les zones les moins densément peuplées.

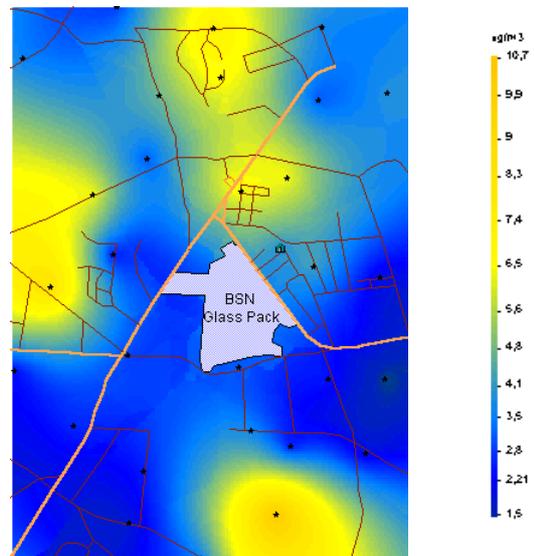
- Comme pour les autres périodes, on remarque l'impact non négligeable du trafic automobile sur les concentrations en NO<sub>2</sub>. La présence d'une zone plus forte en NO<sub>2</sub> au sud de la commune peut s'expliquer par la proximité des rejets atmosphériques de la verrerie à laquelle s'est ajouté les émissions provenant de la circulation routière sur la RD12.

L'exposition maximale des habitants à ce polluant se limite aux riverains de la RD12 car le NO<sub>2</sub> se disperse très rapidement dans l'atmosphère dès lors que l'on s'éloigne de cet axe. A l'échelle de la commune, la circulation automobile est à l'origine d'une pollution de fond quotidienne au contraire de la pollution industrielle très ponctuelle de la verrerie.

L'étude conjointe du SO<sub>2</sub> et du NO<sub>2</sub> a été judicieuse pour différencier l'impact de la pollution industrielle de celle du trafic routier.

4<sup>ème</sup> série de mesure : du 2 au 16 mars 2001

**Cartographie par krigeage des concentrations de NO<sub>2</sub>**



**Cartographie par krigeage des concentrations de SO<sub>2</sub>**

Les conditions climatiques particulières qui ont régné sur cette période (douceur des températures par rapport aux normales saisonnières et fortes précipitations) nous donnent l'opportunité de visualiser le comportement des polluants atmosphériques en situation très favorable à une bonne qualité de l'air. Les concentrations ont nettement diminué par rapport aux séries précédentes. Ceci s'explique par le phénomène de lessivage : les polluants atmosphériques sont entraînés au sol par les gouttes de pluie qui permettent ainsi une épuration naturelle de l'atmosphère.

- Les concentrations en NO<sub>2</sub> ne dépassent pas 20 µg/m<sup>3</sup> avec des teneurs maximales localisées une nouvelle fois le long de la route principale. Dans ces circonstances, le dioxyde d'azote émis par les cheminées de la verrerie n'est pas visible : il ne représente donc pas de risque pour la population.
- Le SO<sub>2</sub> se retrouve aussi à des teneurs très faibles. Sa répartition est différente avec des teneurs plus homogènes d'un site à un autre certainement due aux conditions météorologiques instables.

Malgré une fréquence importante de vent de sud, les retombées de panache au sol sont moins marquées en terme de concentration et de surface d'impact. Ces conditions climatiques sont aussi bénéfiques pour ce polluant en terme d'exposition de la population.

Au final, il ressort clairement de ces 4 campagnes que la station de mesure fixe se trouve hors de la zone d'impact des rejets atmosphériques de l'usine, désaxée par rapport aux vents dominants. La station devra donc être déplacée. Pour cela, une étude complémentaire à l'aide de moyens mobiles a été effectuée au cours de l'hiver 2001-2002.

## **2<sup>ème</sup> partie : Validation de la station industrielle de Veauche**

**de novembre 2001 à mars 2002**

### **I - Présentation de la campagne de mesure**

L'analyse de la campagne de mesure hivernale de 2001 et notamment la représentation spatiale du dioxyde de soufre montre que les sites les plus touchés par les retombées industrielles se situent sur un axe Nord-Sud induit par les vents dominants.

Il ressort de l'analyse de ces cartes que l'emplacement actuel de la station de mesure fixe est exclue des secteurs les plus exposés au SO<sub>2</sub>. Or il est préconisé pour une station industrielle de ce type qu'elle soit représentative du niveau maximum de pollution provenant de la source industrielle.

L'objectif de cette seconde étude durant l'hiver 2001-2002 est donc de déterminer un nouveau site d'implantation correspondant aux critères définis par l'Ademe.

Afin d'identifier précisément ce nouvel emplacement en fonction de la durée des pics de pollution et de leur fréquence d'apparition, il a été utilisé des analyseurs de mesure en continu intégrés dans une cabine mobile. Les polluants mesurés sont les oxydes d'azote et le dioxyde de soufre.

#### **A – Stratégie d'échantillonnage**

Pour définir, les différents lieux de surveillance sur lesquels la station mobile sera installée sur une durée totale de 3 mois, 2 facteurs ont été pris en compte :

- les zones les plus influencées par le phénomène de panache industriel d'après la représentation spatiale du SO<sub>2</sub>
- les zones de plus forte densité de population, supérieures à 2 000 habitants/km<sup>2</sup>.

A partir de ces critères, le secteur situé au nord de l'usine BSN a été privilégié pour installer la station mobile. Trois lieux de prélèvement ont été retenus, espacés de 400 mètres à partir de la verrerie selon un axe nord-sud parallèle aux vents dominants (Annexe 4).

La multiplication des sites permettra de distinguer avec précision l'intensité et la proportion des retombées de fumées sur chacun d'eux.

## B – Planning de mesure

La durée d'échantillonnage des trois sites est fixée à un mois, au cours de la période hivernale de novembre 2001 à février 2002 dans le but d'observer sur une période suffisamment longue les divers paramètres environnementaux susceptibles d'agir sur ces polluants atmosphérique.

Site	Date	Description
<b>Lotissement les Rieux</b>	22/11/2001	site au nord de la ville, le plus éloigné de l'industriel et des principaux axes routiers. Situé à 814 m des cheminées
	au 20/12/2001	
<b>Rue de la Sonde</b>	20/12/2001	à proximité de la Place du centre du vieux bourg de veauche, à 630 m des cheminées
	au 30/01/2002	
<b>Rue Cholat</b>	30/01/2002	site le plus proche de l'enceinte de l'usine, dans le secteur le plus densément peuplé à 424 m des cheminées
	au 05/03/2002	

## C - Conditions météorologiques

### 1. Le vent

Lotissement les Rieux: cette première série de mesure s'est déroulée dans des conditions de vent faible voir nul. La proportion des vents de nord et de sud est équivalente.

Rue de la sonde : Concernant la seconde période, les vents de secteur sud/sud-est sont majoritaires et de forte intensité le plus souvent supérieurs à 2 m/s. A noter que les vents supérieurs à 6 m/s sont uniquement de secteur sud.

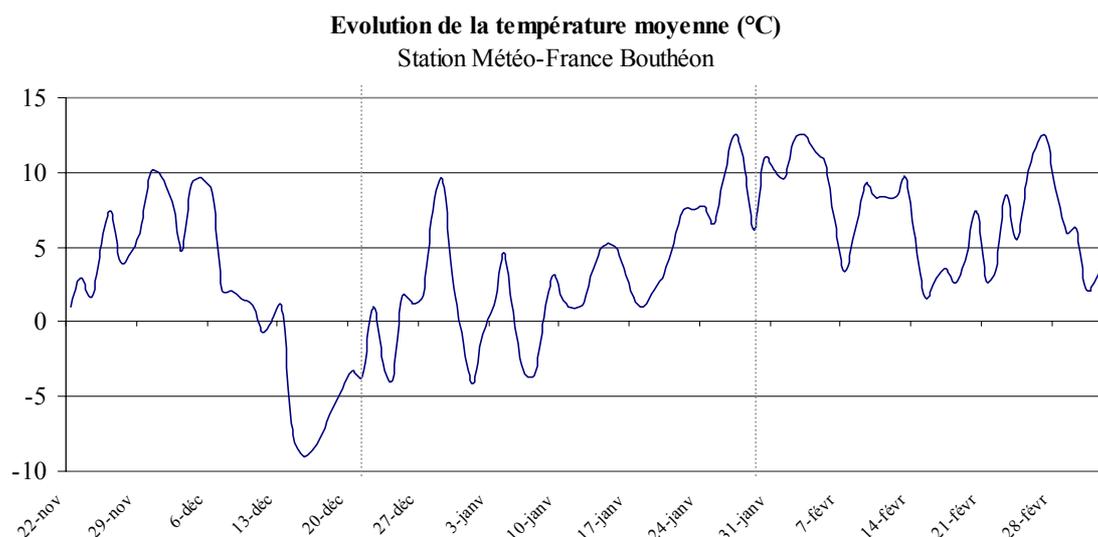
Rue Cholat : lors de cette troisième période, le vent de secteur sud/sud-est est prépondérant souvent accompagné par des rafales de vent supérieures à 5 m/s.

Globalement, il ressort sur l'ensemble de cette campagne d'étude une alternance entre vent du nord et vent du sud avec toutefois une part plus importante de flux de sud sur les deux dernières campagnes, propice au suivi des phénomènes de panache industriel.

### 2. la température

Bilan de la période de mesure :

	Les Rieux	Rue de la Sonde	Rue Cholat
moyenne en °C	2,01	3,07	6,88
mini	-12,30	-9,00	-4,40
maxi	13,90	18,50	18,00



Lotissement des Rieux : nombreuses journées avec des températures journalières inférieures à zéro. Ces températures sont principalement corrélées à un vent du nord. La moyenne sur la période est de 2 °C avec un minimum de -12 °C.

Rue de la Sonde : on observe deux situations météorologiques différentes : beaucoup de températures journalières négatives la première quinzaine -9°C puis à partir du 10 janvier retour de températures plus douces. La moyenne sur la période est de 3 °C.

Rue Cholat : les températures sont caractéristiques d'un temps printanier avec de nombreuses journées ensoleillées (moyenne de 7 °C).

## II – Analyse des résultats

### A – Le dioxyde de soufre

Référence aux normes réglementaires en 2002  
(selon décret n°2002-213 du 15 février 2002)

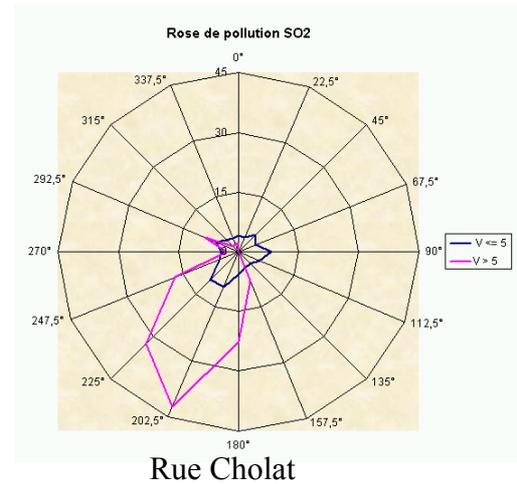
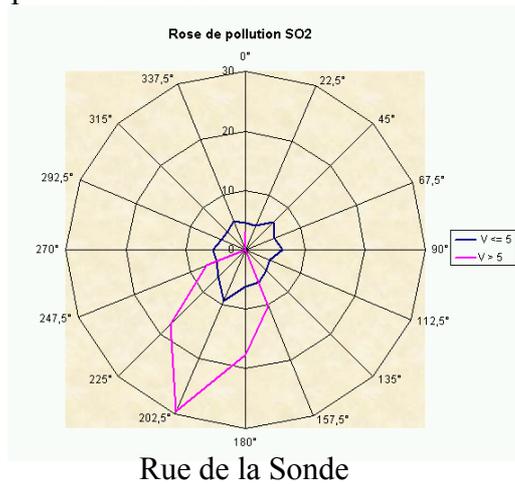
SO <sub>2</sub>	Période de référence	Seuils (µg/m <sup>3</sup> )	Lotissement les Rieux	Rue de la Sonde	Rue Cholat
Objectif de qualité	Moyenne annuelle	50	-	-	-
Valeur limite pour la protection de la santé	Percentile 99,2 Moyenne journalière	125	7 µg/m <sup>3</sup>	28 µg/m <sup>3</sup>	50 µg/m <sup>3</sup>
Valeur limite pour la protection de la santé	Percentile 99,7 Moyenne horaire	440	20 µg/m <sup>3</sup>	59 µg/m <sup>3</sup>	87 µg/m <sup>3</sup>
Seuil de recommandation	Moyenne horaire	300	31 µg/m <sup>3</sup> <i>Maxi. horaire</i>	71 µg/m <sup>3</sup> <i>Maxi. horaire</i>	96 µg/m <sup>3</sup> <i>Maxi. horaire</i>
Seuil d'alerte	Moyenne horaire	500	31 µg/m <sup>3</sup> <i>Maxi. horaire</i>	71 µg/m <sup>3</sup> <i>Maxi. horaire</i>	96 µg/m <sup>3</sup> <i>Maxi. horaire</i>

Les normes réglementaires pour la protection de la santé vis à vis du dioxyde de soufre ont été respectées sur l'ensemble de cette campagne. Les efforts effectués par la verrerie BSN en matière de réduction des émissions soufrées (fonctionnement des fours au gaz à la place du fuel) sont bénéfiques pour la qualité de l'air de la commune.

Malgré tout, il faut toutefois noter que ces teneurs enregistrées sur la commune de Veauce n'ont jamais été atteintes sur les autres stations du département de la Loire. Cela confirme l'intérêt de poursuivre ces mesures sur cette commune.

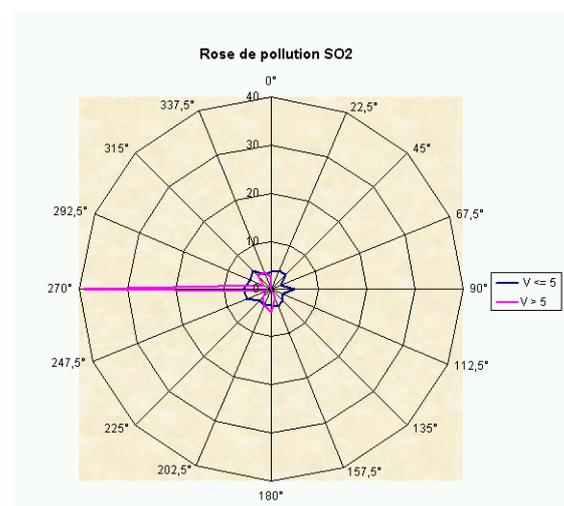
Au niveau du lotissement des Rieux, les concentrations restent à des niveaux de fond très faibles, comprises entre 3 et 6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Les conditions météorologiques n'ont pas permis de mettre en évidence un éventuel impact de l'industrie sur ce site qui est le plus éloigné de l'usine à environ 1,5 km.

Par contre, les mesures réalisées rue de la Sonde et rue Cholat affichent une forte corrélation entre le  $\text{SO}_2$  et le vent de sud/sud-ouest modéré à fort. En effet, les vents forts supérieurs à 5 m/s ont tendance à rabattre les effluents industriels au sol tandis que les vents faibles favorisent la dispersion des polluants dans les hautes couches de l'atmosphère. C'est pourquoi on ne le mesure pas en permanence au niveau des stations de mesure malgré les flux réguliers émis par l'industriel.

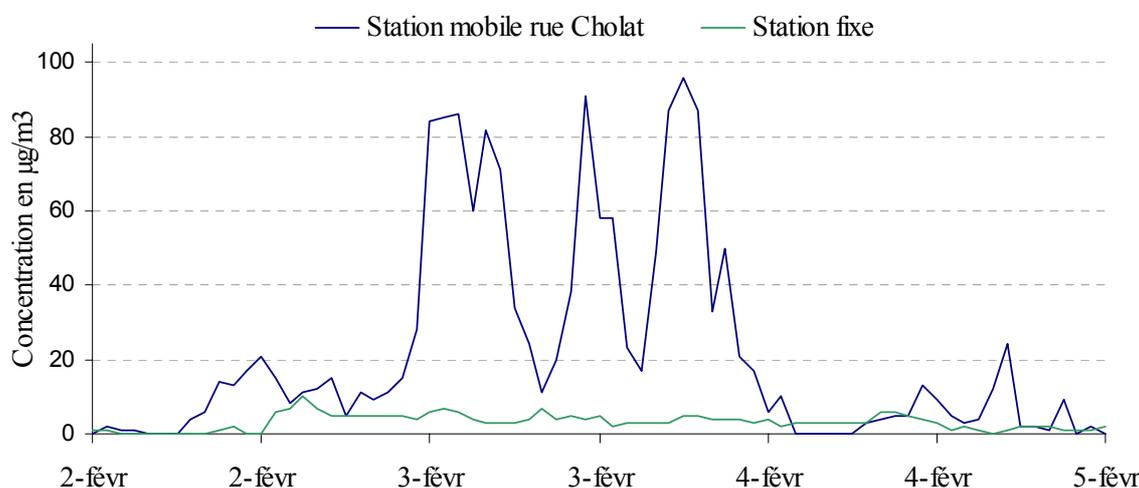


Concernant la station fixe, les teneurs de  $\text{SO}_2$  mesurées sont restées faibles, équivalentes à celles de la rue Cholat et rue de la Sonde mais sans la détection de pics ponctuels. Les valeurs maximales sont de l'ordre de 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en  $\text{SO}_2$  et toujours corrélées à un vent d'ouest (vent minoritaire sur la Plaine du Forez).

Station fixe  
Rue du Stade



Le maximum horaire de  $96 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a été atteint le 3 février 2002 à 18 heures rue Cholat lors d'un épisode de pollution qui a duré 19 heures (avec une moyenne horaire de  $58 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sur cette période). L'observation des données météorologiques (vent de sud/sud-ouest modéré à fort et température supérieure à  $13 \text{ }^\circ\text{C}$ ) confirme les hypothèses de l'étude initiale concernant le rabattement maximal du panache de l'usine BSN sur cette zone.



Au cours des deux dernières campagnes, on a observé des phénomènes de pollution ponctuelle qui correspondent à un total de 118 heures par vent de sud/sud-ouest supérieur à  $5\text{m/s}$ . Ceci correspond à une exposition moyenne des riverains situés autour de ces sites estimée à 7 % du temps.

Comparer aux stations de mesure de l'agglomération stéphanoise, les sources de dioxyde de soufre sont radicalement différentes :

- Sur l'agglomération stéphanoise, la circulation automobile et le chauffage domestique contribuent à une pollution de fond plus élevée, homogène et continue,
- Tandis que les retombées industrielles observées à Veauche sont ponctuelles mais plus intenses, liées à des conditions météorologiques spécifiques.

## B – Les oxydes d'azote

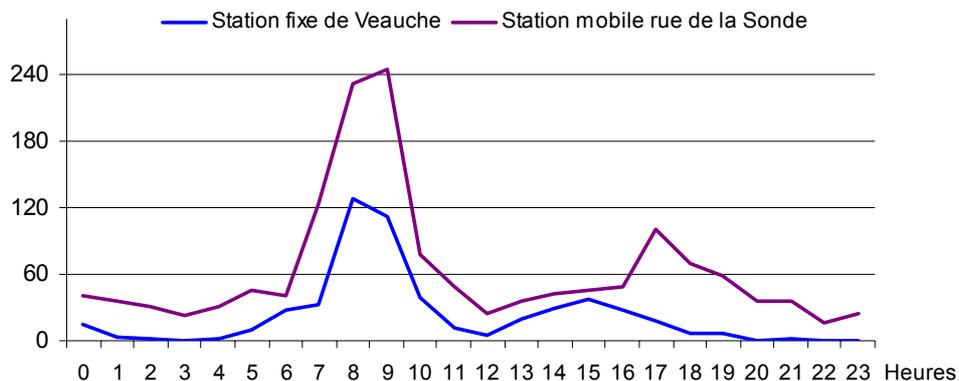
Lors de la précédente étude, nous avons relevé deux sources principales d'émission en oxydes d'azote :

- La verrerie BSN Glass Pack
- la circulation automobile notamment le long de la RD12

Les oxydes d'azote comprennent le monoxyde d'azote ( $\text{NO}$ ) et le dioxyde d'azote ( $\text{NO}_2$ ). Les processus de combustion, produisent uniquement du monoxyde d'azote qui une fois dans l'air s'oxyde très rapidement en dioxyde d'azote.

Le monoxyde d'azote

Les trois sites présentent des concentrations moyennes supérieures à celles enregistrées par la station mobile, notamment rue de la Sonde et dans le lotissement des Rieux. L'influence du trafic automobile est prépondérante sur ces sites par rapport aux rejets de la verrerie BSN.

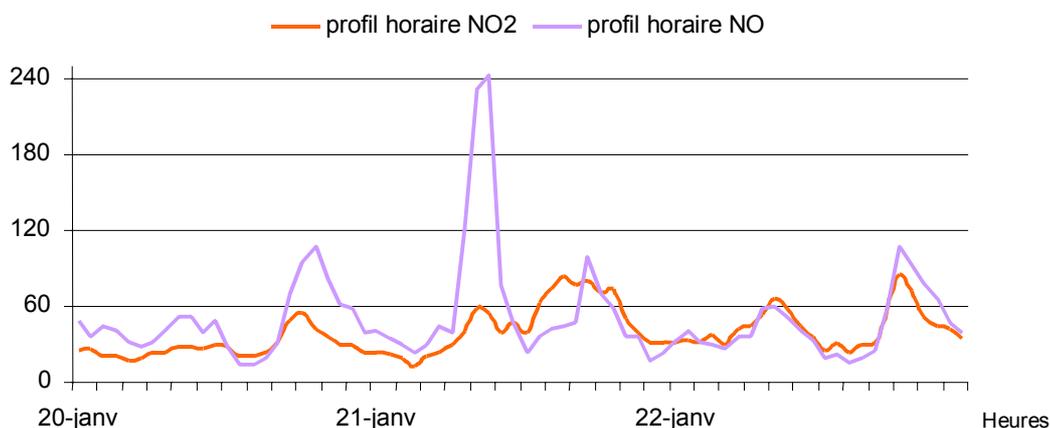
**Profil journalier du monoxyde d'azote**

On relève des profils journaliers rue de la Sonde et rue Cholat similaires à ceux des stations urbaines de l'agglomération stéphanoise exposées aux émissions du trafic routier. Aux heures de pointes de circulation du matin (8h-9h) et du soir (18h-19h), l'emplacement de la rue de la Sonde à proximité du centre du vieux bourg est très pénalisant : les teneurs en NO sont 2 fois plus importantes que sur un site de fond comme la station fixe.

Le dioxyde d'azote

Bien que le site du lotissement Les Rieux et celui de la rue du stade soient les plus éloignés, on observe des teneurs en NO<sub>2</sub> similaires (27 et 28 µg/m<sup>3</sup> en moyenne). La répartition homogène du dioxyde d'azote en dehors des voies de plus grande circulation est favorisée par le vent faible et les basses températures.

De même que pour le NO, ce composé provient essentiellement de la circulation automobile rue de la Sonde et lotissement les Rieux avec une variation journalière très liée au trafic.

**Évolution horaire des oxydes d'azote rue de la Sonde**

rapport NO/NO<sub>2</sub>

Ce rapport est un critère de classification des stations de surveillance de la qualité de l'air vis à vis de la pollution automobile (urbaine, périurbaine, trafic, ...).

- un rapport supérieur à 2,5 est caractéristique d'un site influencé par la circulation automobile,
- un rapport inférieur à 1,5 correspond à une station urbaine.

	Typologie station	1 <sup>er</sup> site	2 <sup>e</sup> site	3 <sup>e</sup> site
<b>Veauche</b>	<b>Industrielle</b>	<b>0,5</b>	<b>0,6</b>	<b>0,3</b>
Station Mobile	-	1,9	2,1	1,4

(\* rapport calculé pour chaque période de mesure)

Avec un rapport de 2,1, l'influence du trafic automobile est importante rue de la Sonde de même que dans le lotissement des Rieux pourtant éloigné de 500 mètres du premier axe routier important. La station fixe, nettement moins influencée par cette pollution primaire, se rapproche des caractéristiques d'une station de fond.

Les profils d'oxydes d'azote varient différemment selon les sources de pollution observées au cours de cette campagne hivernale (Annexe 6):

- Sous l'influence d'un phénomène de panache industriel, synonyme de vent du sud soutenu, on observe une augmentation simultanée des oxydes d'azote avec le dioxyde de soufre mais de moindre intensité. Tandis que les valeurs relevées sur la station fixe ne varient pas et restent à des niveaux très faibles, les oxydes d'azote mesurés rue Cholot proviennent uniquement des rejets industriels avec toujours plus de NO<sub>2</sub> que de NO.
- La pollution d'origine automobile induit quant à elle des profils similaires entre les sites mobiles et la station fixe en situation de bonne dispersion. Elle est à l'origine des maxima horaires en NO et NO<sub>2</sub> sur chacun des sites. Au cours de ces trois mois de mesure, on estime que les transports jouent un rôle prépondérant sur la pollution de fond de la commune de Veauche et interviennent pour environ 90 % dans les immissions de NO<sub>x</sub>.

Référence aux normes réglementaires en 2002  
(selon décret n°2002-213 du 15 février 2002)

NO <sub>2</sub>	Période de référence	Seuils (µg/m <sup>3</sup> )	Lotissement les Rieux	Rue de la Sonde	Rue Cholat
Objectif de qualité	Moyenne annuelle	40	-	-	-
Valeur limite pour la protection de la santé	Percentile 98 (valeurs horaires)	200	50 µg/m <sup>3</sup>	80 µg/m <sup>3</sup>	55 µg/m <sup>3</sup>
Valeur limite pour la protection de la santé	Percentile 99,8 (valeurs horaires)	280	56 µg/m <sup>3</sup>	102 µg/m <sup>3</sup>	63 µg/m <sup>3</sup>
Seuil de recommandation	Moyenne horaire	200	59 µg/m <sup>3</sup> <i>Maxi. horaire</i>	113 µg/m <sup>3</sup> <i>Maxi. horaire</i>	72 µg/m <sup>3</sup> <i>Maxi. horaire</i>
Seuil d'alerte	Moyenne horaire	400	59 µg/m <sup>3</sup> <i>Maxi. horaire</i>	113 µg/m <sup>3</sup> <i>Maxi. horaire</i>	72 µg/m <sup>3</sup> <i>Maxi. horaire</i>

Le maximum horaire de 113 µg/m<sup>3</sup> de dioxyde d'azote enregistré le 8 janvier 2002 rue de la Sonde ne dépasse pas les normes fixées par la réglementation en vigueur.

En parallèle avec les stations fixes de l'agglomération stéphanoise, on constate que les niveaux moyens relevés par la station mobile sur les sites proches du vieux bourg de Veauche sont proches des valeurs de la station périurbaine de Saint-Etienne Coubertin, située au Nord de l'agglomération dans une zone d'habitat vertical similaire.

Le profil de la station fixe s'assimile plus à une station urbaine sans influence directe de sources de pollution primaire comme la station de Saint-Etienne Sud.

## Conclusion

L'analyse de ces 2 campagnes de mesure consécutives montre que les sites les plus touchés par les retombées industrielles se situent sur l'axe des vents dominants Nord-Sud, typiques de la plaine du Forez.

Le suivi en parallèle du SO<sub>2</sub> et du NO<sub>2</sub> a permis de différencier la pollution d'origine industrielle de celle de l'automobile et de mieux faire ressortir l'impact et les retombées du panache industriel sur la commune de Veauche à l'aide du SO<sub>2</sub>. D'ailleurs, il ressort que quelque soit la direction des vents, la RD 12 joue un rôle plus important que le panache de fumée de l'industriel sur la répartition du NO<sub>2</sub> sur l'ensemble des cartes d'estimations.

Conformément aux données météorologiques, la première et la troisième série présentent des valeurs très proches les unes des autres en raison du vent du Nord qui a induit une pollution ponctuelle au sud de la verrerie, zone peu habitée. A contrario, la deuxième série a mis en évidence une zone proche de l'usine BSN, particulièrement exposée aux retombées de panache de SO<sub>2</sub> qui se disperse par la suite en s'écartant latéralement.

Il a été clairement démontré que la station est désaxée par rapport à l'usine et aux vents dominants. Hors de la zone d'impact du panache, elle devra donc être déplacée dans la zone située au nord de l'usine en raison de la forte densité de population et des vents de sud fréquents.

La seconde campagne de mesure réalisée à l'aide de la station mobile nous a permis d'optimiser les caractéristiques d'implantation de la future station de mesure :

- 2 sites ont enregistré des valeurs en dioxyde de soufre élevées spécifiques au panache de la verrerie : rue Cholat et rue de la Sonde.
- Or une influence notable de la pollution d'origine automobile a été relevée rue de la Sonde en raison de sa proximité au vieux bourg de Veauche.

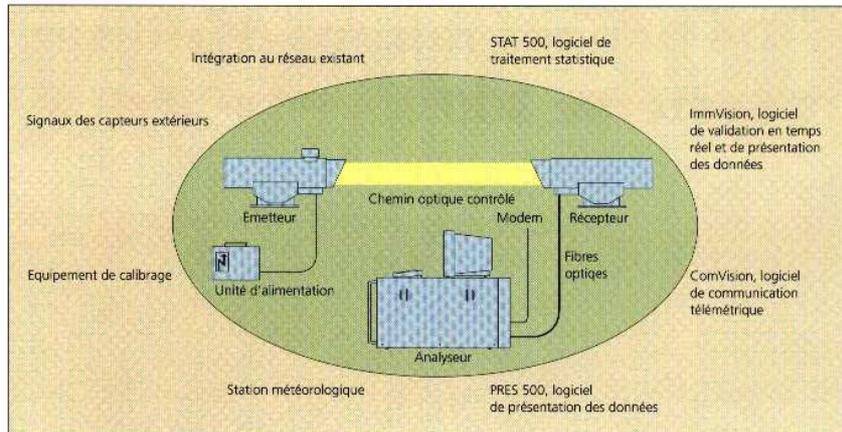
Moins influencé par la circulation automobile, notamment par vent de sud, et le plus représentatif des niveaux maximums de dioxyde de soufre émis par la verrerie BSN, le site de la rue Cholat est celui qui convient le mieux pour accueillir la station industrielle.

En parallèle, il a été décidé de remplacer les techniques de détection classiques utilisées jusqu'à maintenant rue du stade par une technique innovante mieux adaptée au suivi des phénomènes de panache industriel : le DOAS (Spectroscopie d'absorption optique différentielle).

Cet appareil fait partie des nouvelles générations d'instruments choisis pour compléter les équipements des réseaux de surveillance de la qualité de l'air en France. Son principe basé sur la mesure de polluants intégrés à un trajet optique donne la possibilité en zone urbaine dense ou en zone industrielle d'être plus représentatif de l'exposition de la population car les mesures sont moins corrélées à des micro-environnements. La probabilité d'échantillonner le panache urbain est donc accrue.

## Principe de mesure

La spectroscopie d'absorption optique différentielle (DOAS) repose sur le fait qu'un certain nombre d'espèces chimiques absorbent une partie du rayonnement lumineux dans le proche ultraviolet et le visible. Les composés chimiques de l'atmosphère présents sur le chemin optique du DOAS absorbent une partie de la lumière émise. L'appareil analyse ce spectre d'absorption et en détermine leur concentration.



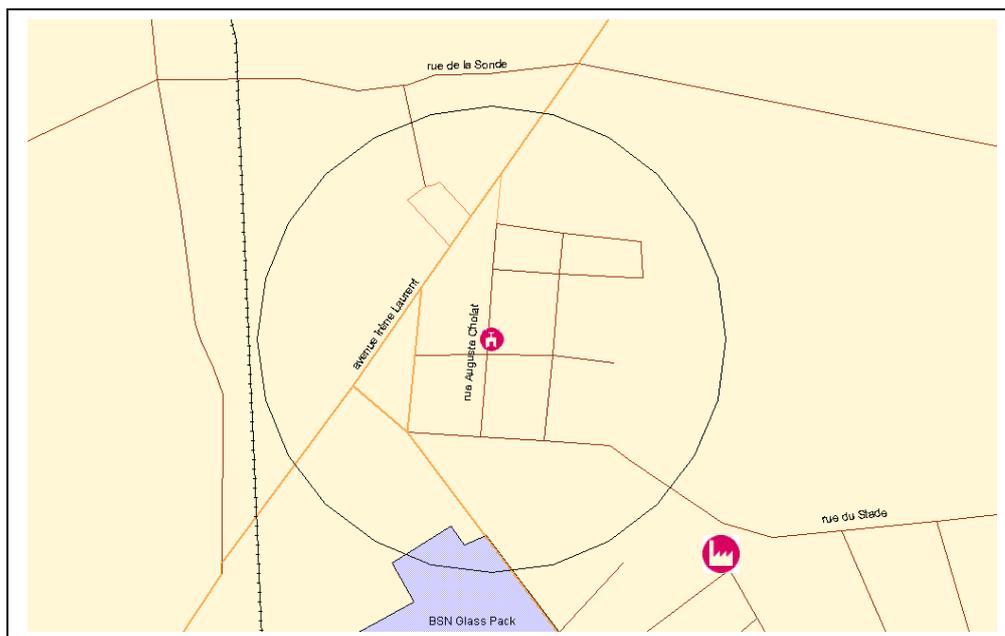
Présentation simplifiée du System 300, avec certaines options



L'analyseur AR 5005, avec son logiciel

Il permet de mesurer simultanément plusieurs composés chimiques dans l'air sans réaliser d'échantillonnage d'air : SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, Hydrocarbures.

Contrairement au station fixe, la mesure n'est plus à un endroit unique. La mise en œuvre de ce procédé nécessite de trouver deux sites distants d'environ 200 m. Pour se faire, une zone de prospection autour du site de la rue Cholat a été définie dans laquelle seront recherchés les sites de mesures définitifs

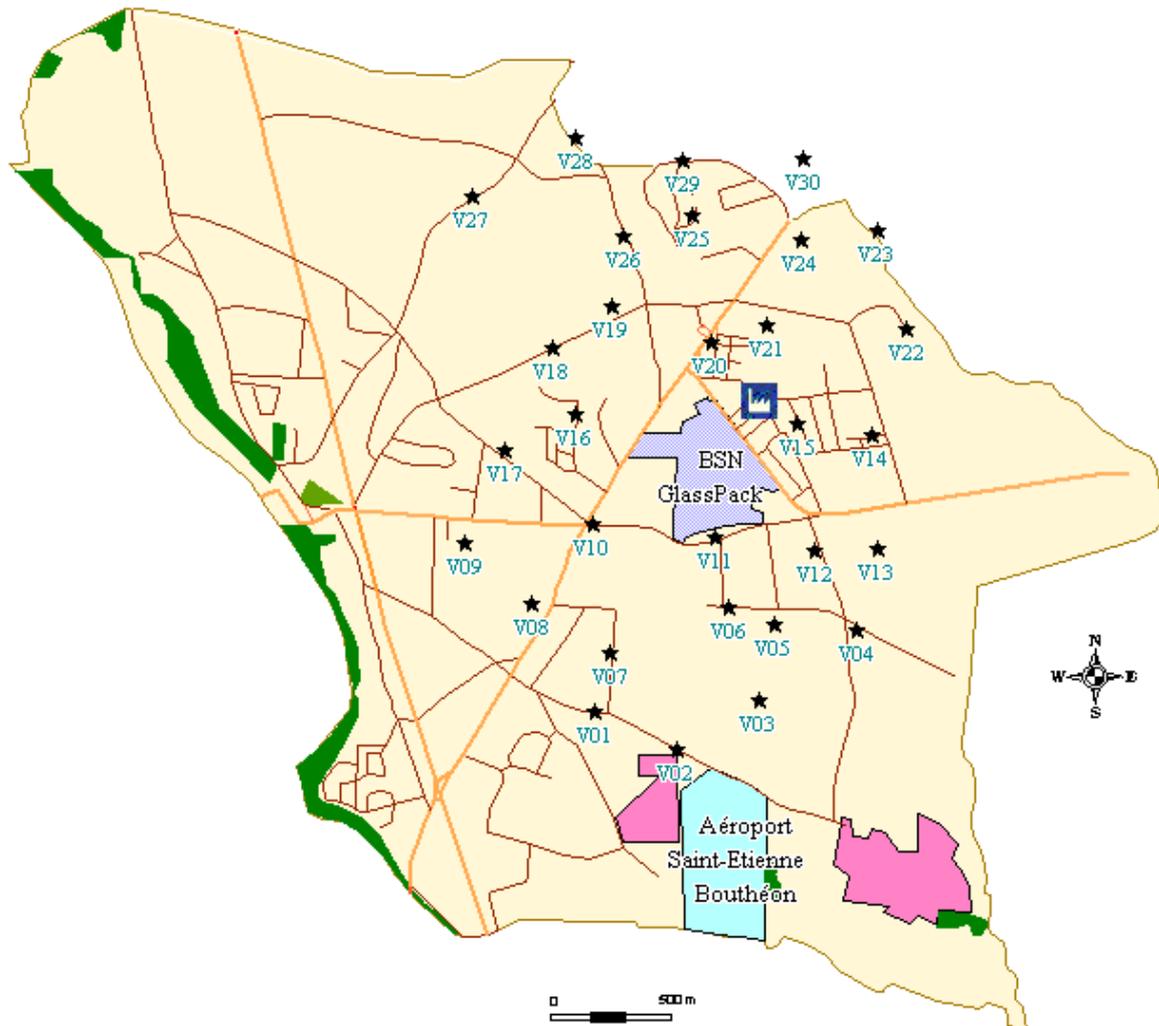


 Cabine mobile

 Station fixe



## ANNEXE 1 : Localisation des sites de mesures ponctuels



Code du site	Adresse	Commune	Géocodage		Distance route	Environnement proche	Densité de population		
			Latitude	Longitude			Nulle	Faible	Moy
V01	Lotissement les Prés Fleuris	Veauche	600632	5045370	5	mur			*
V02	Chemin des Granges	Veauche	600961	5045207	1	maison		*	
V03	Chemin amenant à la station de Météo France	Veauche	601301	5045408	200	bois	*		
V04	Rue Boileau poteau téléphonique	Veauche	601703	5045690	1	ferme		*	
V05	Rue Boileau	Veauche	601366	5045722	100		*		
V06	Rue Boileau	Veauche	601182	5045792	100		*		
V07	Rue de l'industrie	Veauche	600696	5045610	2	haie très haute		*	
V08	Lotissement Les Palombes	Veauche	600378	5045816	20	villa		*	
V09	Rue du pré Perrieux	Veauche	600108	5046068	30	maison		*	
V10	Rue du Lavoir	Veauche	600627	5046137	2	route + maison		*	
V11	Allée Prévert	Veauche	601129	5046082	5	route+ voie ferrée		*	
V12	Chemin des Favots	Veauche	601535	5046027	2	route		*	
V13	Frenes	Veauche	601791	5046030	100	villas		*	
V14	Rue de l'Etang	Veauche	601772	5046496	10	villas		*	
V15	Rue Jules Rimet	Veauche	601469	5046547	1	villas		*	
V16	Allée des Primevères	Veauche	600559	5046598	20	villas		*	
V17	Impasse des Lauriers Roses	Veauche	600275	5046450	4	usine		*	
V18	Pré proche de la rue du Gabion	Veauche	600468	5046872	150		*		
V19	Rue des Gabion	Veauche	600714	5047035	2	villas		*	
V20	Rue André Cholot	Veauche	601118	5046889		magasins			*
V21	Lotissement Les Arpents Verts	Veauche	601350	5046951	100	villas		*	
V22	Rue du Volvon	Veauche	601917	5046937	200	villas		*	
V23	Pré proche de la route départementale 100	Veauche	601800	5047339	100		*		
V24	Lotissement les Emeraudes	Veauche	601489	5047308	150	villas		*	
V25	Lotissement Le Petit Volvon	Veauche	601049	5047410	200	villas		*	
V26	Rue des Vemes	Veauche	600767	5047326	2		*		
V27	Rue de Jourcey	Veauche	600146	5047495	150		*		
V28	Rue des Vernes	Veauche	600575	5047733	150		*		
V29	Rue Jean Giono	Veauche	601013	5047637				*	
V30	Lotissement Lassablière	Chamboeuf	601505	5047641					
V31	Station mobile	Veauche	601325	5046629					

## ANNEXE 2 : Bilan des concentrations de dioxyde de soufre par campagne

Référence du site	Coordonnées géographiques		1ère série	2ème série	3ème série	4ème série
	X	Y	19/01-02/02	02/02-16/02	16/02-02/03	02/03-16/03
V01	5045370	600632	4	3	4	2
V02	5045207	600961	2	3	4	4
V03	5045408	601301	11	2	9	11
V04	5045690	601703	5	4	4	2
V05	5045722	601366	12	3	14	2
V06	5045792	601182	10	5	14	4
V07	5045610	600696	3	1	2	2
V08	5045816	600378	2	3	3	3
V09	5046068	600108	3	3	2	2
V10	5046137	600627	3	4	3	3
V11	5046082	601129	26	3	15	3
V12	5046027	601535	2	2	4	2
V13	5046030	601791	7	3	4	1
V14	5046496	601772	3	2	3	2
V15	5046547	601469	8	5	3	4
V16	5046598	600559	4	3	2	2
V17	5046450	600275	3	4	6	9
V18	5046872	600468	3	3	2	6
V19	5047035	600714		4	3	3
V20	5046889	601118	7	17	5	7
V21	5046951	601350	6	4	3	6
V22	5046937	601917	2	2	3	4
V23	5047339	601800	2	2	1	4
V24	5047308	601489	3	5	4	3
V25	5047410	601049	9	9	11	7
V26	5047326	600767		5	7	5
V27	5047495	600146	3	2	2	4
V28	5047733	600575	4	8	3	3
V29	5047637	601013	7	8	3	8
V30	5047641	601505	5	5	6	4
station	5046629	601325	3	5	4	4

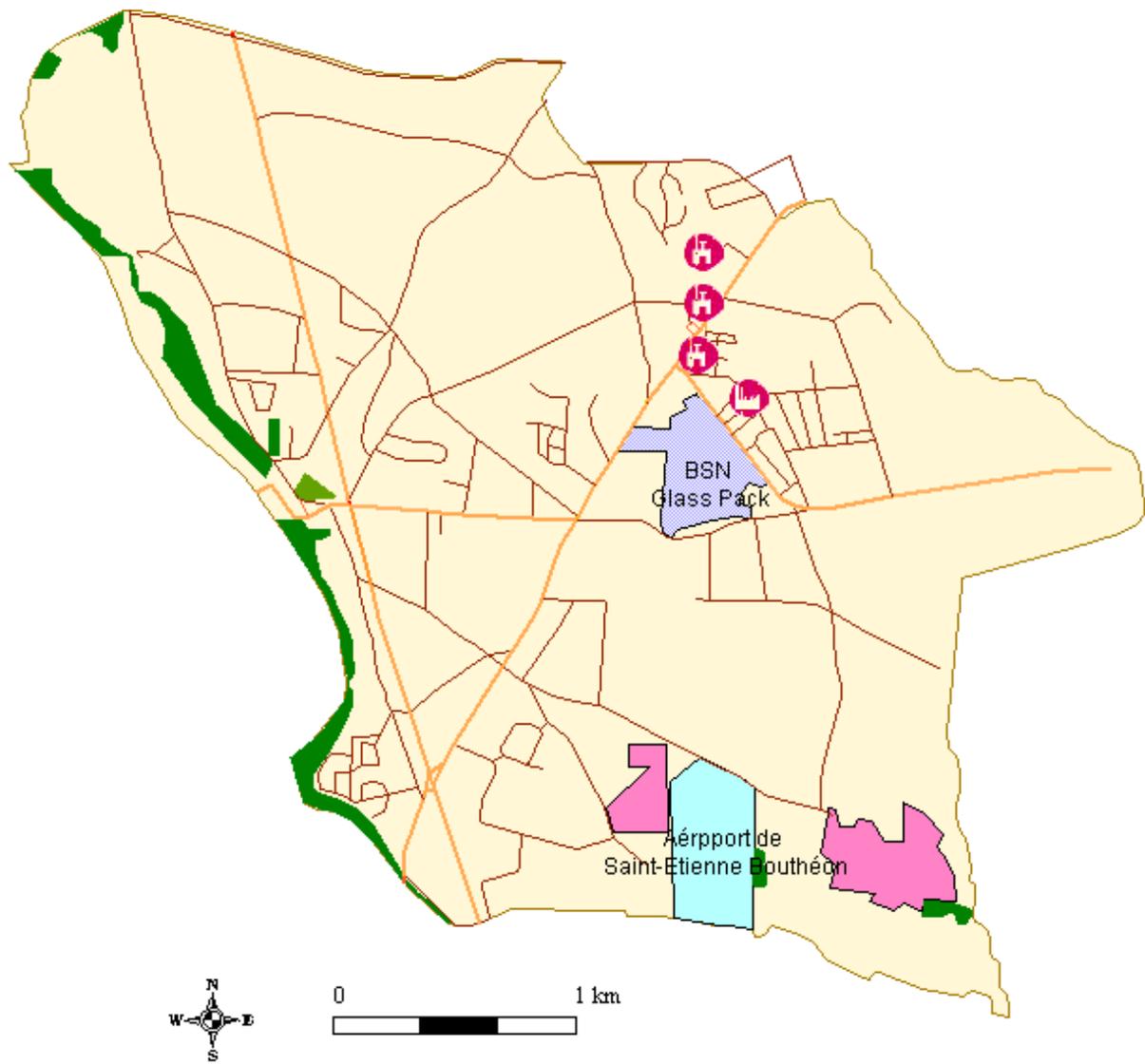
Concentrations exprimées en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

## ANNEXE 3 : Bilan des concentrations de dioxyde d'azote par campagne

Référence du site	Coordonnées géographiques		1ère série	2ème série	3ème série	4ème série
	X	Y	19/01-02/02	02/02-16/02	16/02-02/03	02/03-16/03
V01	5045370	600632	19	18	19	13
V02	5045207	600961	21	19	18	14
V03	5045408	601301	19	16	18	12
V04	5045690	601703	18	18	16	13
V05	5045722	601366	20	15		11
V06	5045792	601182	20	16	22	12
V07	5045610	600696	19	18	18	13
V08	5045816	600378	22	20	20	17
V09	5046068	600108	22	19	19	14
V10	5046137	600627	22	22	22	18
V11	5046082	601129	22	17	20	13
V12	5046027	601535	18	16	17	12
V13	5046030	601791	17	15	16	11
V14	5046496	601772	17	16	15	11
V15	5046547	601469	19	17	17	13
V16	5046598	600559	20	19	18	16
V17	5046450	600275	20	19	18	13
V18	5046872	600468	19	16	16	12
V19	5047035	600714		17	17	12
V20	5046889	601118	25	28	23	17
V21	5046951	601350	18	18	17	13
V22	5046937	601917	16	16	15	11
V23	5047339	601800	16	15	16	12
V24	5047308	601489	18	17	16	12
V25	5047410	601049	20	19	18	14
V26	5047326	600767		18	18	13
V27	5047495	600146	17	14	16	11
V28	5047733	600575	17	16	16	11
V29	5047637	601013	21	19	17	14
V30	5047641	601505	17	18	16	14
station	5046629	601325	19	18	17	13

Concentrations exprimées en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

## ANNEXE 4 : Sites d'échantillonnage station mobile



Cabine mobile



Station fixe

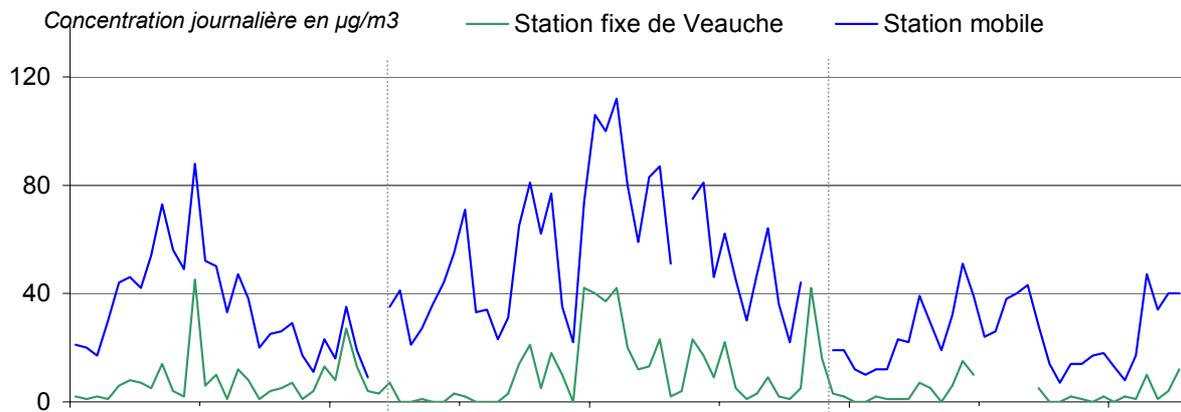
## ANNEXE 5 : Résultats de mesures de l'étude hivernale 2001 -2002

NO <sub>2</sub>		Cabine mobile	Station Veauche Rue du stade	Saint-Etienne Coubertin	Saint-Etienne Sud
	Typologie du site :	Industriel	Industriel	Périurbain	Urbain
<b>22/11/01 - 20/12/01</b> Lotissement les Rieux	Moyenne	28	27	40	47
	Maximum horaire	59	65	101	149
	Maximum ¼ horaire	97	70	131	158
	% de fonctionnement	96.9	99.6	99.4	99.4
<b>20/12/01 - 30/01/02</b> Rue de la Sonde	Moyenne	39	30	54	50
	Maximum horaire	113	108	214	213
	Maximum ¼ horaire	124	113	236	224
	% de fonctionnement	94.1	99.6	92.0	98.4
<b>30/01/02 – 05/03/02</b> Rue Cholat	Moyenne	28	18	37	36
	Maximum horaire	72	67	91	135
	Maximum ¼ horaire	78	76	153	170
	% de fonctionnement	96.1	88.1	99.8	98.3

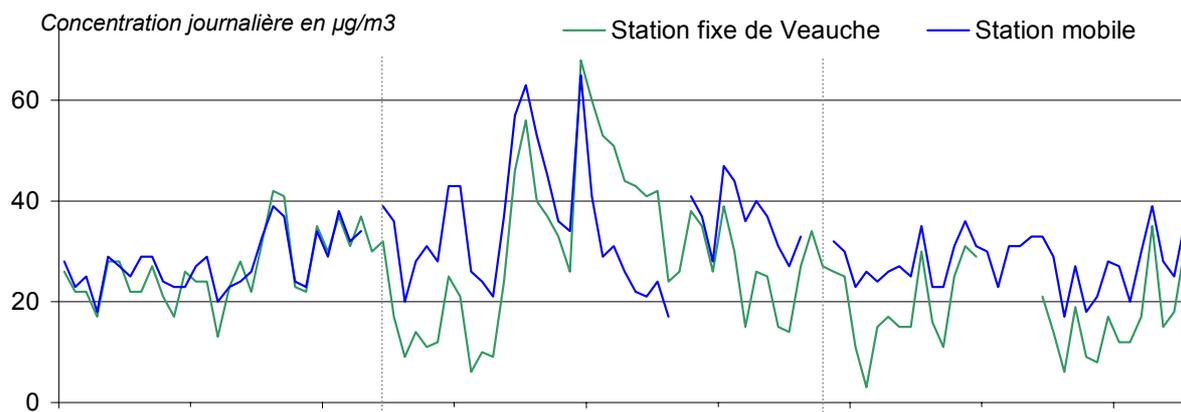
SO <sub>2</sub>		Cabine mobile	Station Veauche Rue du stade	Saint-Etienne Coubertin	Saint-Etienne Sud
	Typologie du site :	Industriel	Industriel	Périurbain	Urbain
<b>22/11/01 - 20/12/01</b> Lotissement les Rieux	Moyenne	3	3	5	6
	Maximum horaire	31	49	22	32
	Maximum ¼ horaire	37	89	26	37
	% de fonctionnement	79.3	99.6	99.1	99.6
<b>20/12/01 - 30/01/02</b> Rue de la Sonde	Moyenne	6	4	9	7
	Maximum horaire	71	38	56	67
	Maximum ¼ horaire	91	50	96	91
	% de fonctionnement	97.9	99.0	98.8	99.7
<b>30/01/02 – 05/03/02</b> Rue Cholat	Moyenne	6	3	5	5
	Maximum horaire	96	39	37	34
	Maximum ¼ horaire	123	75	43	37
	% de fonctionnement	99.9	99.5	99.8	99.4

## ANNEXE 6 : Mesures sur la commune de Veauche hiver 2001 – 2002

### Monoxyde d'azote (NO)



### Dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>)



### Dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>)

