

Séminaire LCSQA - Élaboration de cartographies

17 juin 2005

Cartographies de polluants en région Rhône-Alpes Dioxyde d'azote et benzène

GIERSA

Groupement d'intérêt économique de
réseaux de surveillance de
l'atmosphère

44, avenue Marcellin Berthelot
BP 2734 – 38037 Grenoble Cedex 2

Présentation : S.Socquet-Juglard



Contexte réglementaire

La **loi sur l'air**, art.4 : « le droit à l'information sur la qualité de l'air et ses effets sur la santé et l'environnement est reconnu à chacun sur l'ensemble du territoire ».

- Le **PRQA Rhône-Alpes** propose une extension de la surveillance de la qualité de l'air : « cette extension devra permettre, à l'horizon de la révision du Plan, d'établir pour les polluants réglementés, une cartographie de la qualité de l'air, sur la totalité de la région Rhône-Alpes, en terme de niveaux moyens annuels déclinés par saison été-hiver ».
- Le **Plan de surveillance** de la qualité de l'air **de l'Isère et du Rhône** prévoient une cartographie quinquennale de ces deux polluants à l'échelle des départements.

Objectifs

- **Améliorer les connaissances**
 - Par des investigations complémentaires / campagnes passées + réseau
 - Obtenir une représentativité des moyennes mesurées sur n semaines par rapport aux moyennes annuelles ou saisonnières réelles
 - En estimant les niveaux de pollution en tout point du territoire
 - Les confronter aux objectifs de qualité réglementaires,
 - Valeurs limites annuelles (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour NO₂, 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en benzène)
 - Objectifs de qualité pour le benzène à 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
 - Estimer l'exposition de la population à ces concentrations
- **Communiquer** : répondre aux besoins d'information de la population et aux exigences réglementaires d'information.
 - À l'aide d'une cartographie régionale, déclinable sur chaque territoire
 - En fournissant à terme une information sanitaire associée

Historique

- **Choix de la méthode géostatistique**
 - une cartographie sur l'ensemble d'un territoire à moindre coût
- **Choix de l'utilisation de la modélisation géostatistique (ISATIS)**
 - Cartographie sur l'Isère durant l'été 2001 sur l'ozone, formation régulière du personnel, stage E.Chaxel (EM Nancy)
 - Cartographie préliminaire NO₂/BTX (Isère et Rhône) : hiver 2002, stage G.L'Hégaret (EM Paris)
 - Cartographie régionale Rhône-Alpes de l'ozone : été 2002,
 - Cartographie régionale Rhône-Alpes du NO₂ et benzène en 2005



Cartographie régionale NO₂ et benzène sur la région Rhône-Alpes

La démarche

Réaliser une carte de la moyenne annuelle du NO₂ et du Benzène pour une exposition dite de « **fond** » à l'échelle de la région Rhône-Alpes à moindre coût.

Planning prévisionnel de l'étude

- 2^{ème} trimestre 2004 : **Étude faisabilité, définition du plan d'échantillonnage spatio-temporel.**
- 3^{ème} et 4^{ème} trimestre 2004 : réalisation du budget prévisionnel à l'échelle régionale, recherche des sites de mesures, commandes du matériel et mise en place de la logistique.
- Année 2005 : campagnes de mesures régionales.
- Premier semestre 2006 : exploitation géostatistique des résultats (Giersa), appui des autres AASQA Rhône-Alpes pour la validation, l'interprétation et optimisation à l'aide de co-variables,
- Juin 2006 : diffusion des résultats de l'étude (rapport détaillé et plaquette grand public).



Cartographie régionale NO₂ et benzène sur la région Rhône-Alpes

La démarche

Réalisation d'une étude de faisabilité

- Bilan des mesures fixes actuellement disponibles sur la région RA
- La cartographie annuelle du NO₂ peut-elle être réalisée à partir des stations fixes ?
- Étude des conclusions de l'étude préliminaire sur le Rhône et l'Isère (2002)
- Échantillonnage spatial : choix et répartition du nombre de sites
- Échantillonnage temporel : choix du nombre et de la durée des périodes d'échantillonnage
- Choix du fournisseur et du nombre de capteurs passifs par site
- Estimation du coût de la campagne

Etude de faisabilité pour la cartographie du NO_2 et du benzène sur la région Rhône-Alpes

Les stations fixes NO_2 et Benzène en Rhône-Alpes



Actuellement :

40 sites fixes mesurant le NO_2

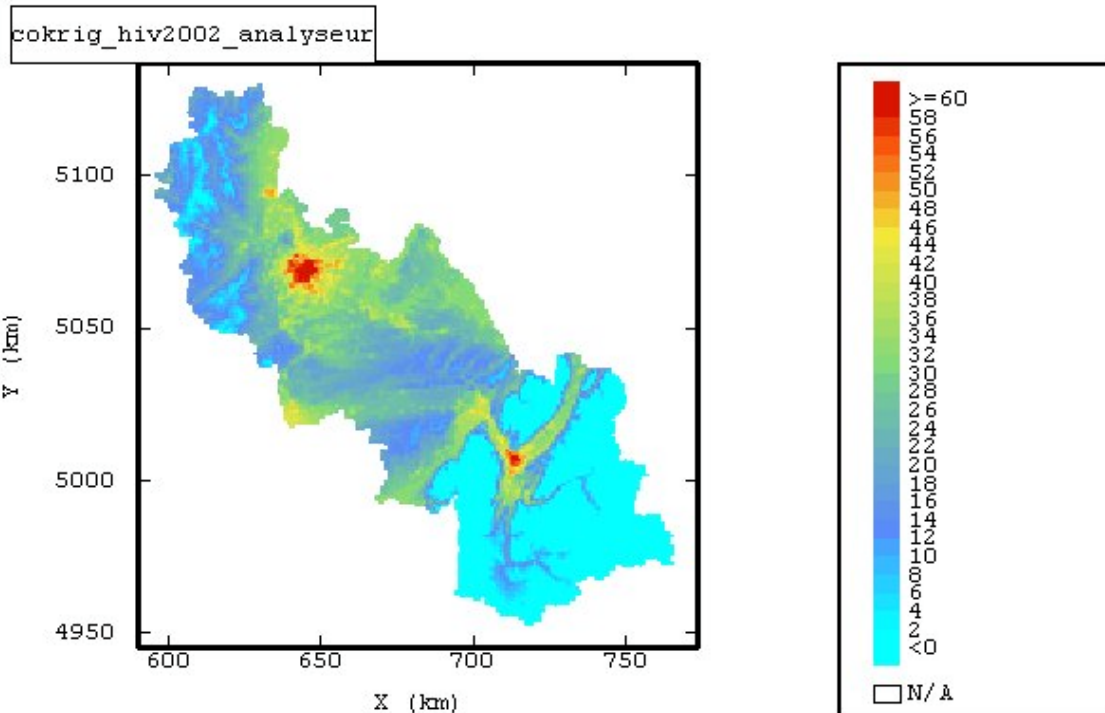
7 sites fixes mesurant le benzène

La cartographie peut elle être réalisée à partir des stations fixes et de variables explicatives ?

Essai sur la période hivernale de l'étude préliminaire Rhône-Isère 2002

Technique d'interpolation choisie : krigeage avec dérive externe

Variables explicatives : altitude, population, bâti et cadastre des émissions de NOx



Le réseau fixe ne couvrant pas l'ensemble du territoire de l'Isère, la majeure partie des concentrations estimées sont en extrapolation du modèle.

Sur les zones de montagne les concentrations estimées sont très négatives.

Le modèle est biaisé car les points de mesures se situent uniquement en zone présentant de fortes concentrations. (seulement 2 stations rurales)

=> Il est indispensable d'avoir des points de mesures supplémentaires sur les zones non couvertes par des stations fixes

Bilan de l'étude préalable réalisée sur le Rhône, l'Isère et la côteière de l'Ain durant l'hiver 2002

Méthodologie

Période de mesures : 24/01 au 21/02/02

Méthode de mesures : tubes passifs

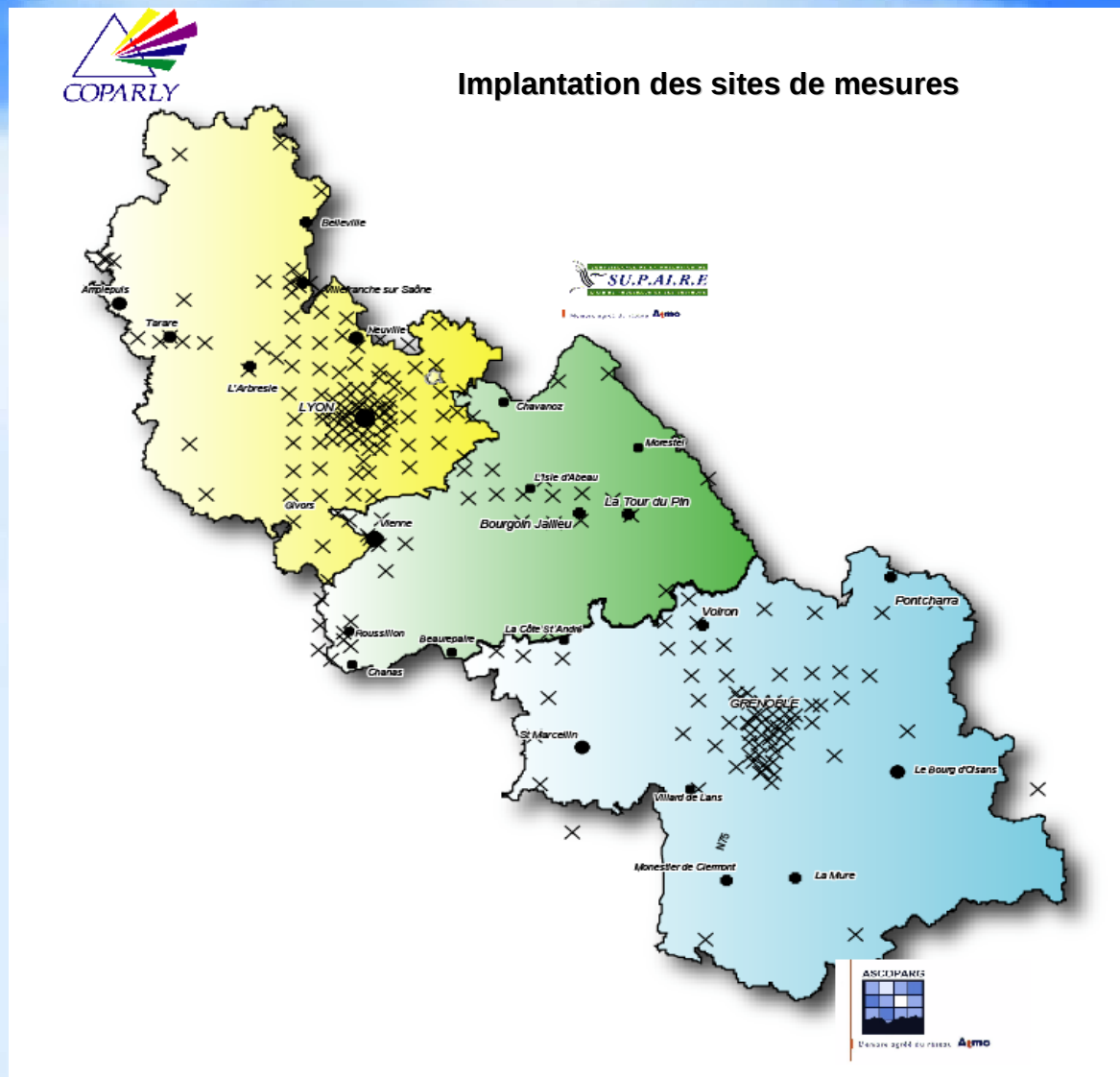
Nombre de sites : 225 sites

Nombre de tubes par site :

- 1 tube pour les sites non couplés à des stations fixes
- 12 tubes pour les sites couplés à des stations fixes

Plan d'échantillonnage testé :

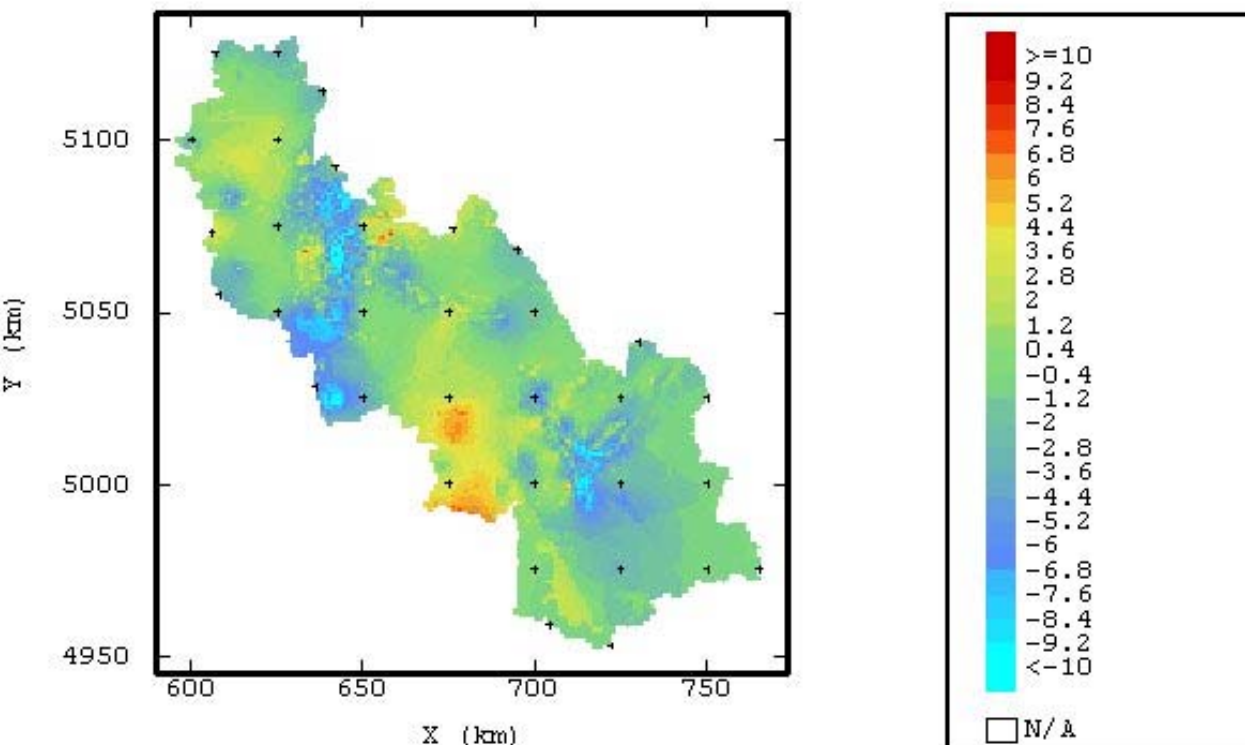
- maillage de 2X2 km² dans les grands centres urbains (Lyon et Grenoble)
- Maillage de 5X5 km² dans les unités urbaines de plus de 30000 habitants
- Maillage de 30X30 km² sur le reste du territoire



Etude de faisabilité pour la cartographie du NO_2 et du benzène sur la région Rhône-Alpes

Différents plans d'échantillonnage réguliers ont été testés

- Exemple présenté : maillage régulier de $25 \times 25 \text{ km}^2$
- Polluant présenté : NO_2
- Cartographie présentée : différence entre concentrations estimées à partir de l'étude préliminaire (225 sites) et concentrations estimées à partir de l'échantillonnage testé (33 sites)



⇒ Cet échantillonnage régulier ne permet pas d'estimer correctement les zones urbaines (zones présentant les plus fortes variations à petites distances).

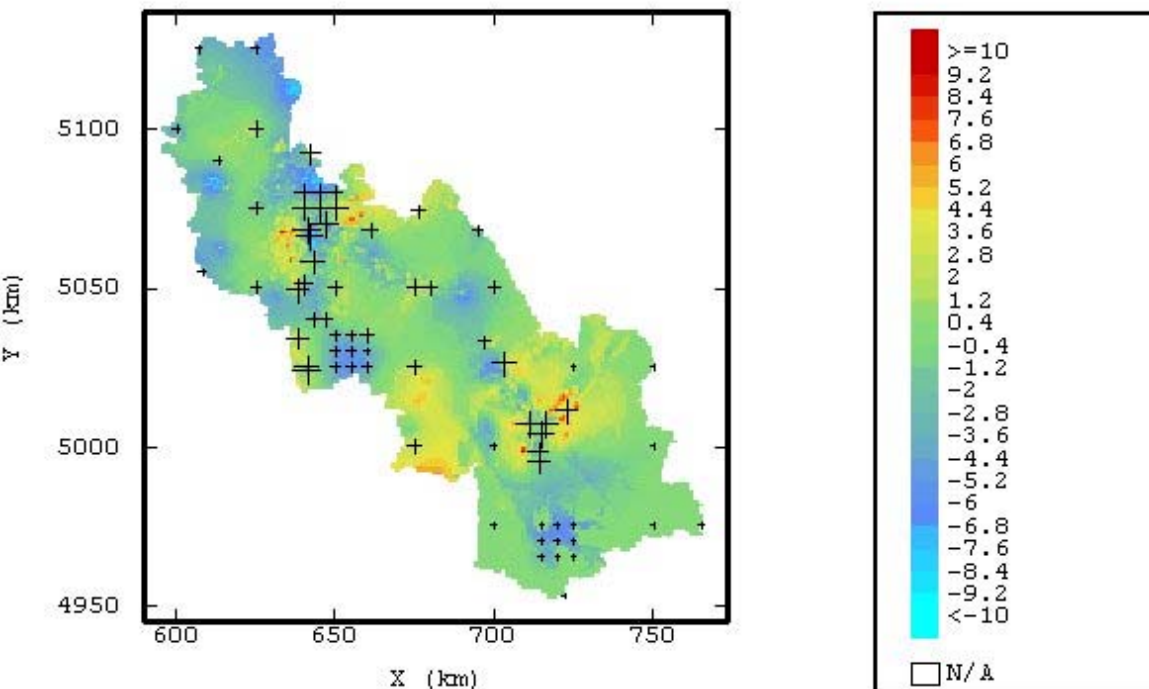
⇒ le trop faible nombre de points et l'éloignement entre les points ne permet pas de caler correctement un modèle de variogramme.

⇒ il est difficile d'établir un lien avec les cofacteurs (mauvaises corrélations).

Etude de faisabilité pour la cartographie du NO₂ et du benzène sur la région Rhône-Alpes

Le plan d'échantillonnage finalement retenue est :

- un maillage régulier de 25 x 25 km²
- plusieurs resserrements locaux à 5 km sur des zones représentant tous les niveaux de concentrations (zones urbaines, zones rurales de plaine et zones rurales de montagne).



Carte des différences de concentrations estimées à partir de l'étude préliminaire et les concentrations estimées à partir de l'échantillonnage testé.

La différence de concentration estimée avec les 2 plans d'échantillonnage (225 sites pour l'étude préalable – 69 sites pour l'échantillonnage recommandé) est très faible.

Implantation des sites de mesures

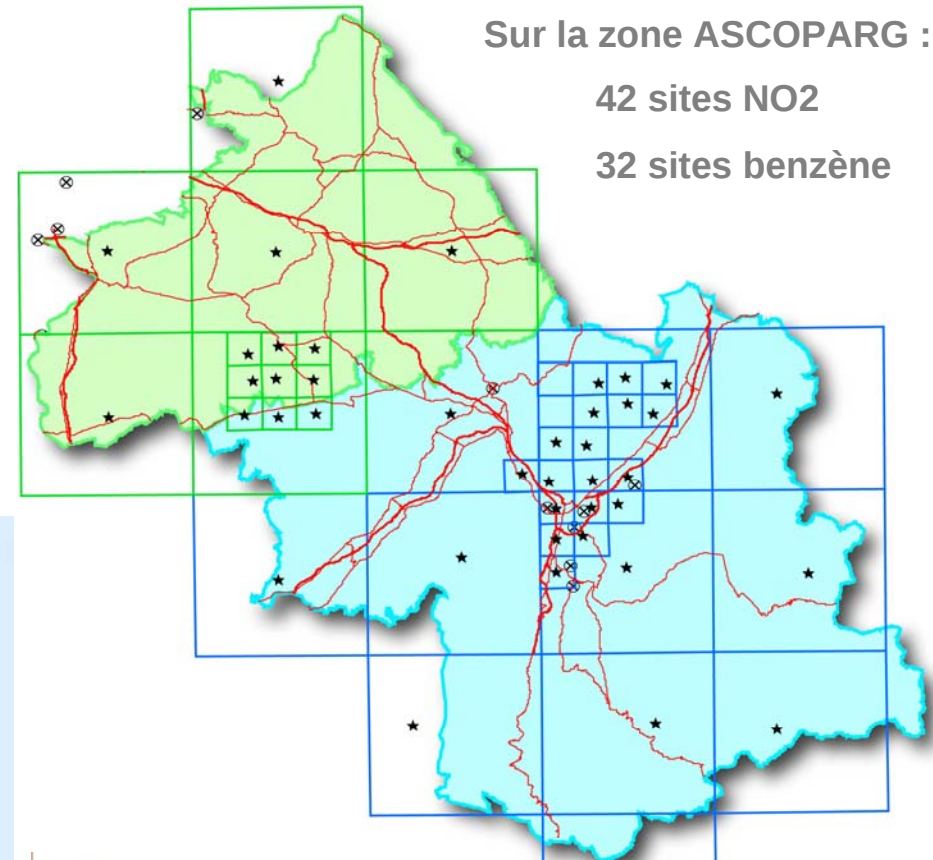
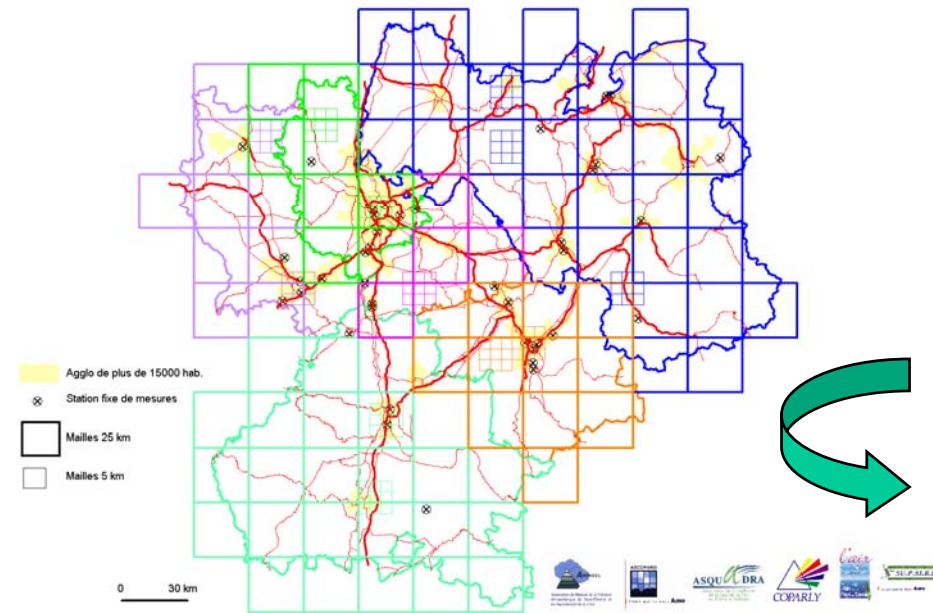


Zone de surveillance de chaque réseau de surveillance

- Air de l'Ain et des Pays de Savoie
- AMPASEL
- ASCOPARG
- ASQUADRA
- COPARLY
- SUPAIRE

Détail sur le département de l'Isère

Plan d'échantillonnage



- un maillage régulier de 25 x 25 km²
- plusieurs resserrements locaux à 5 km² sur des zones représentant tous les niveaux de concentrations.



Membre agréé du réseau Aismo



Membre agréé du réseau Aismo

Etude de faisabilité pour la cartographie du NO₂ et du benzène sur la région Rhône-Alpes

Ce plan d'échantillonnage a été étendu à l'ensemble de la région :
le nombre de sites de mesures s'élève alors à 247*

* 537 sites pour la campagne ozone

Nombre de sites prévus par réseau

	Air APS	Ampasel	Ascoparg	Asquadra	Coparly	Supaire	Total
Echantillonnage régulier à 25 km	31	12	11	25	7	6	92
Resserrements locaux (urbain, rural montagne, rural plaine) (9 pts/resserrement)	27	18	18	18	18	9	108
Analyseurs NO ₂ *	10	6	8	4	9	3	40
Analyseurs Benzène**	-	1	3	-	2	1	7
Total	68	37	40	47	36	19	247
* Nbre amené à évoluer en fct des restructurations des réseaux							
** Certains analyseurs sont sur des sites de proximité							

Des tubes sont placés sur toutes les stations fixes afin de comparer les concentrations mesurées par les analyseurs aux concentrations mesurées par les tubes passifs et recalcr éventuellement les données des tubes.

Les sites couplés seront équipés du même nombre de tubes que les sites non-couplés (stabilité des données des tubes).

Etude de faisabilité pour la cartographie du NO_2 et du benzène sur la région Rhône-Alpes

Echantillonnage temporel : durée et nombre de périodes de mesures (établis à partir de l'historique des mesures fixes de RA)

Rappel de la réglementation : selon la directive du 22 avril 1999, les mesures doivent être réparties également dans l'année avec un minimum de 8 semaines de mesures pour être considérées comme représentative et permettre une comparaison avec les valeurs réglementaires.

Durée de chaque campagne :

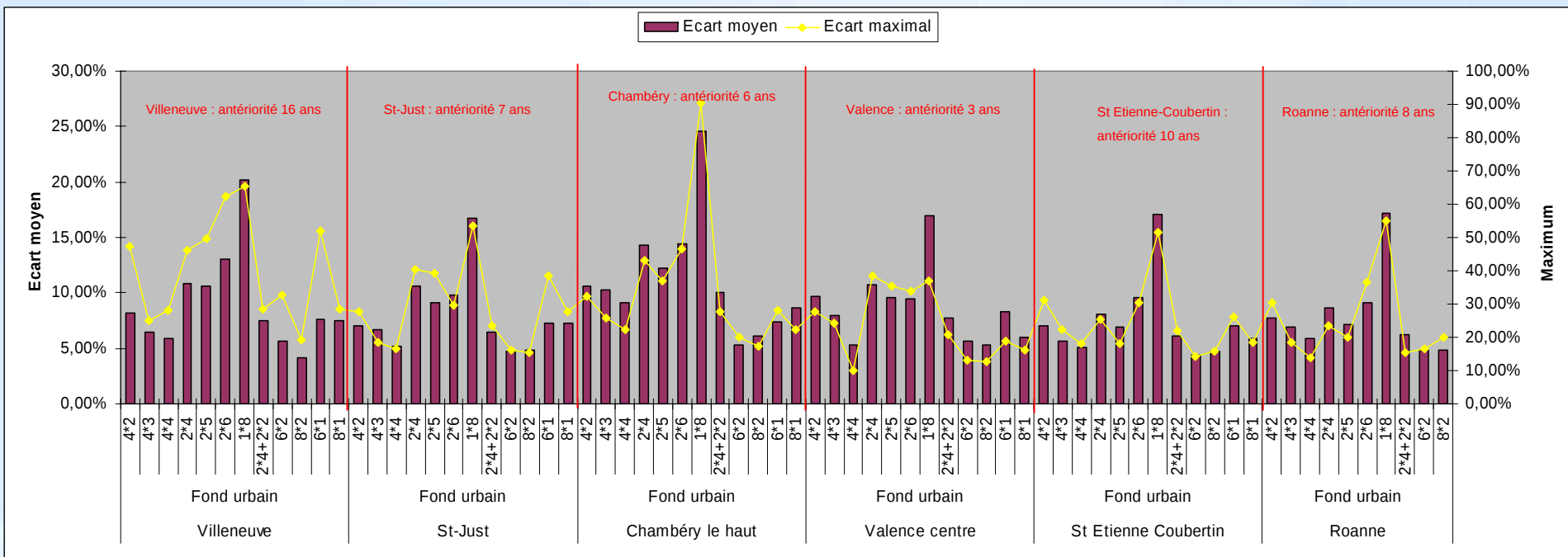
Pour une durée d'exposition supérieure à 7j, le débit d'échantillonnage des tubes BTX varie sous l'effet des variations de concentrations et des conditions météo, notamment pour les concentrations élevées ($> 5\mu\text{g}/\text{m}^3$). Cette variation du débit d'échantillonnage induit une augmentation de l'incertitude des tubes.

Toutefois, l'EMD a élaboré des **débits d'échantillonnage modélisés** en fonction du temps d'exposition et de la concentration. On peut ainsi recalculer les concentrations des tubes en tenant compte de cette variation quel que soit le temps d'exposition.

Etude de faisabilité pour la cartographie du NO_2 et du benzène sur la région Rhône-Alpes

Echantillonnage temporel : durée et nombre de périodes de mesures
(établis à partir de l'historique des mesures fixes de RA)

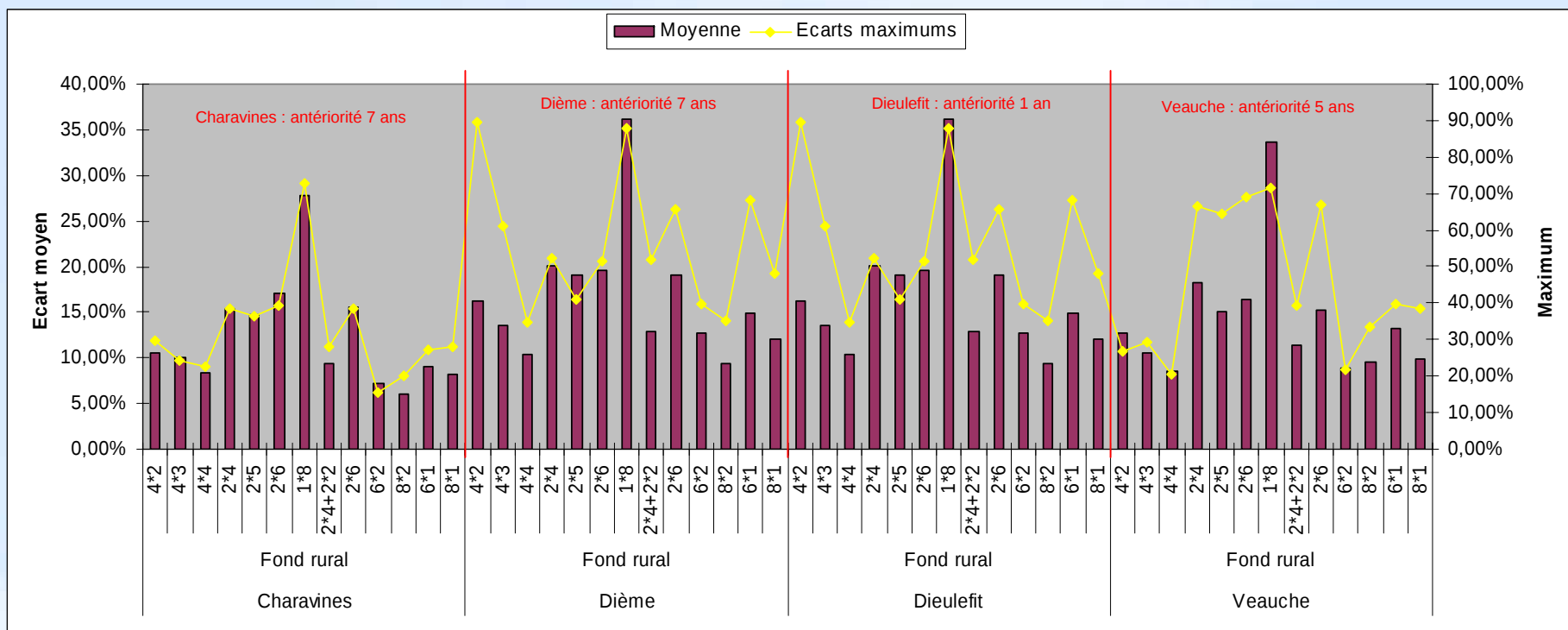
Comparaison de la moyenne annuelle estimée à partir de l'échantillonnage temporel choisi avec la moyenne annuelle réelle mesurée sur les sites fixes de la région RA – Sites Urbains



Etude de faisabilité pour la cartographie du NO₂ et du benzène sur la région Rhône-Alpes

Echantillonnage temporel : durée et nombre de périodes de mesures (établis à partir de l'historique des mesures fixes de RA)

Comparaison de la moyenne annuelle estimée à partir de l'échantillonnage temporel choisi avec la moyenne annuelle réelle mesurée par les sites fixes de la région RA – Sites Ruraux



Etude de faisabilité pour la cartographie du NO_2 et du benzène sur la région Rhône-Alpes

Echantillonnage temporel : durée et nombre de périodes de mesures (établis à partir de l'historique des mesures fixes de RA)

Estimation des écarts moyens à partir de l'ensemble des sites testés (ruraux et urbains)

	écart moyen Max	écart moyen Min	écart moyen	station écart max
4*2	16,3%	6,5%	9,9%	Dieulefit
4*3	13,5%	5,2%	8,5%	Dieulefit
4*4	10,3%	4,3%	6,9%	Dieulefit
2*4	20,0%	6,8%	12,7%	Veauche
2*5	19,1%	6,3%	11,4%	Veauche
2*6	19,6%	6,0%	12,6%	Veauche
1*8	36,2%	9,2%	22,4%	Chambéry le haut
2*4+2*2	12,9%	5,4%	8,5%	Dieulefit
6*2	12,6%	3,8%	6,7%	Dieulefit
8*2	9,5%	3,7%	6,0%	Dieulefit
6*1	14,9%	5,3%	8,9%	Dieulefit
8*1	12,1%	5,3%	7,9%	Dieulefit

De manière générale, les écarts relatifs sont plus élevés pour les sites ruraux (concentrations bien plus faibles)

Pour estimer la moyenne annuelle il est indispensable de réaliser des mesures au minimum pendant 8 semaines de l'année (directive 99).

Les écarts sont les plus faibles et toujours inférieurs à 10% pour un échantillonnage de 8 x 2 semaines

L'échantillonnage de 4 x 2 semaines est l'échantillonnage minimum.

Il permet de réduire considérablement le coût de l'étude mais les écarts à la moyenne réelle peuvent être élevés (écarts max proche de 50% en zone de fond et de 90% en zone rurale).

L'échantillonnage de 6 x 2 semaines semble être un bon compromis pour estimer la moyenne annuelle

Etude de faisabilité pour la cartographie du NO_2 et du benzène sur la région Rhône-Alpes

Choix du fournisseur d'échantillonneur passifs

- Capteurs passifs NO_2 : Passam AG. (Suisse)
Conseillé par le GT échantillonneurs passifs et EMD pour sa stabilité :
 - Coeff Var (écart-type/moyenne x 100) = 1,7 %
 - Estimation incertitude élargie : de l'ordre de 20 % (selon la conc.)
- Capteurs passifs benzène : Radiello (fournis par la fondation Maugeri)
Conseillé par le GT échantillonneurs passifs et EMD
 - Coeff Var (écart-type/moyenne x 100) = 6 % pour 7j d'exposition
= 6,8% pour 14j d'exposition
 - Estimation incertitude élargie : + ou – 30%

Etude de faisabilité pour la cartographie du NO_2 et du benzène sur la région Rhône-Alpes

Choix du nombre de capteurs passifs par site

La multiplication du nombre de tubes permet de diminuer l'incertitude des mesures et de valider plus facilement les mesures.

Rappel des coûts d'achat des tubes et d'analyse :

- NO_2 : capteurs + analyse : environ 10 €
- Benzène : capteurs réutilisables : environ 25€
+ analyse : environ 45 € (réduction possible en fonction de la convention)

NO_2 : 2 tubes par site pour faciliter la validation des mesures

Benzène : un seul tube par site (coût élevé)

Validation à partir de la corrélation entre campagnes de mesures,
entre points voisins et entre polluants mesurés

Etude de faisabilité pour la cartographie du NO₂ et du benzène sur la région Rhône-Alpes

Budget prévisionnel du projet régional : 306 K€

- 117 K€ de matériel
- 189 K€ de personnel

Investissement en personnel de l'équipe du GIERSA (2 départements, coordination et exploitation géostatistique)

- o 100 jours ingénieurs / Responsable service

- o 166 jours chargé d'études

- o 131 jours techniciens

- o Autres AASQA : AirAPS, AMPASEL, ASQUADRA : 345 jours

Cartographie du NO₂ et du benzène sur la région Rhône-Alpes

Améliorations à prévoir dans le futur

- Travail sur un module de simulations : Intervalle de confiance sur les concentrations à croiser avec la population pour obtenir une exposition.
- Travail sur l'échantillonnage temporel, pour remédier
 - Aux pertes de données sur certains points de mesures ou campagnes de mesures
 - Aux difficultés d'accès aux sites de mesures en hiver (montagne)