

LCSQA/EMD Etude n°11 _ 2004

Cartographie des concentrations en NO₂ à partir des mesures en stations fixes

Esperanza PERDRIX, André WROBLEWSKI,
Benoît FOURCHE et Hervé PLAISANCE

OBJECTIF:

Etablir des cartographies des concentrations en NO₂ à partir des mesures des stations fixes.

Cas considéré: échelle d'une agglomération et de sa périphérie.

POURQUOI?

- Pour présenter les mesures sous une forme spatialisée, pédagogique.
- Pour répondre à l'Art. 9 Paragraphe III de l'arrêté MEDD du 17/03/2003 relatif aux modalités de surveillance de la qualité de l'air et à l'information du public:

« Les organismes agréés de surveillance de la qualité de l'air réalisent et publient régulièrement des cartes indiquant les niveaux de polluants de chaque zone . »

Obstacle principal:

Souvent, le **nombre limité des stations fixes** de mesure automatique du NO₂ ne permet pas de dresser une carte des concentrations en polluant par simple interpolation des données.

*En effet, le nombre minimal de points requis pour une interpolation spatiale par krigeage se situe **autour de 40**.*

(cf. rapport LCSQA/INERIS déc. 2003 Méthodes de représentation de la qualité de l'air).

⇒ Il faut **ajouter de l'information**.

Par exemple, une carte issue d'une modélisation déterministe, à une échelle fine, adaptée à la situation météorologique rencontrée.

On fait ensuite coïncider le champ des données simulées avec celui des mesures (assimilation des données).

Exemple: l'assimilation des mesures d'O₃ des stations automatiques avec les simulations de PREV'AIR à l'échelle nationale.

Dispose-t-on d'un nombre suffisant de stations de mesure ($n \geq 40$) pour mener une interpolation spatiale?

Oui

On peut dresser une carte par interpolation spatiale des observations

Non

Dispose-t-on d'un modèle de pollution atmosphérique, adapté à l'échelle spatiale souhaitée?

Oui

On peut dresser une carte par assimilation des observations et d'une simulation numérique, *mais la qualité de la carte finale dépendra beaucoup de la simulation numérique*

Non

Existe-t-il de l'information supplémentaire?

- *observations satellitaires*
- *corrélations statistiques entre polluants*
- *campagnes de mesure par échantillonnage passif.*

PROBLEME: Comment **intégrer l'information** issue de campagnes de mesure du NO₂ par échantillonnage passif **pour réaliser de nouvelles cartographies** basées sur les mesures des stations fixes?

METHODOLOGIE PROPOSEE :

- Elle s'applique à des zones où il existe **plusieurs campagnes répétées** de mesure du NO₂ par échantillonnage passif, avec:
 - de nombreux **points de mesure communs** à toutes les campagnes;
 - des campagnes de mesure menées pour des **saisons contrastées**.
- **Pour chaque site d'échantillonnage passif, on recherche les liens statistiques éventuels avec des stations fixes.**
- Si un lien statistique **significatif** est trouvé entre un site d'échantillonnage passif et une station fixe, alors on pourra estimer la concentration en NO₂ au point d'échantillonnage passif à partir de la concentration mesurée par la station fixe, en appliquant la relation statistique trouvée.

⇒ Le site d'échantillonnage passif devient une « station virtuelle ».

- Plusieurs campagnes de mesure du NO₂ par échantillonnage passif, menées pour des saisons contrastées, avec de nombreux points en commun.

Cas d'étude: la conurbation Lille-Roubaix-Tourcoing-Villeneuve d'Ascq.

- 9 stations automatiques (existant pendant la période 1998-2003)
= **2 Péri.** + **4 Urbaines** + 3 Trafic
- 15 périodes de mesure du NO₂ par échantillonnage passif (1période = 14 jours), relatives aux campagnes été1998-hiver1999 et été 2003-hiver 2004, avec **122 sites communs.**



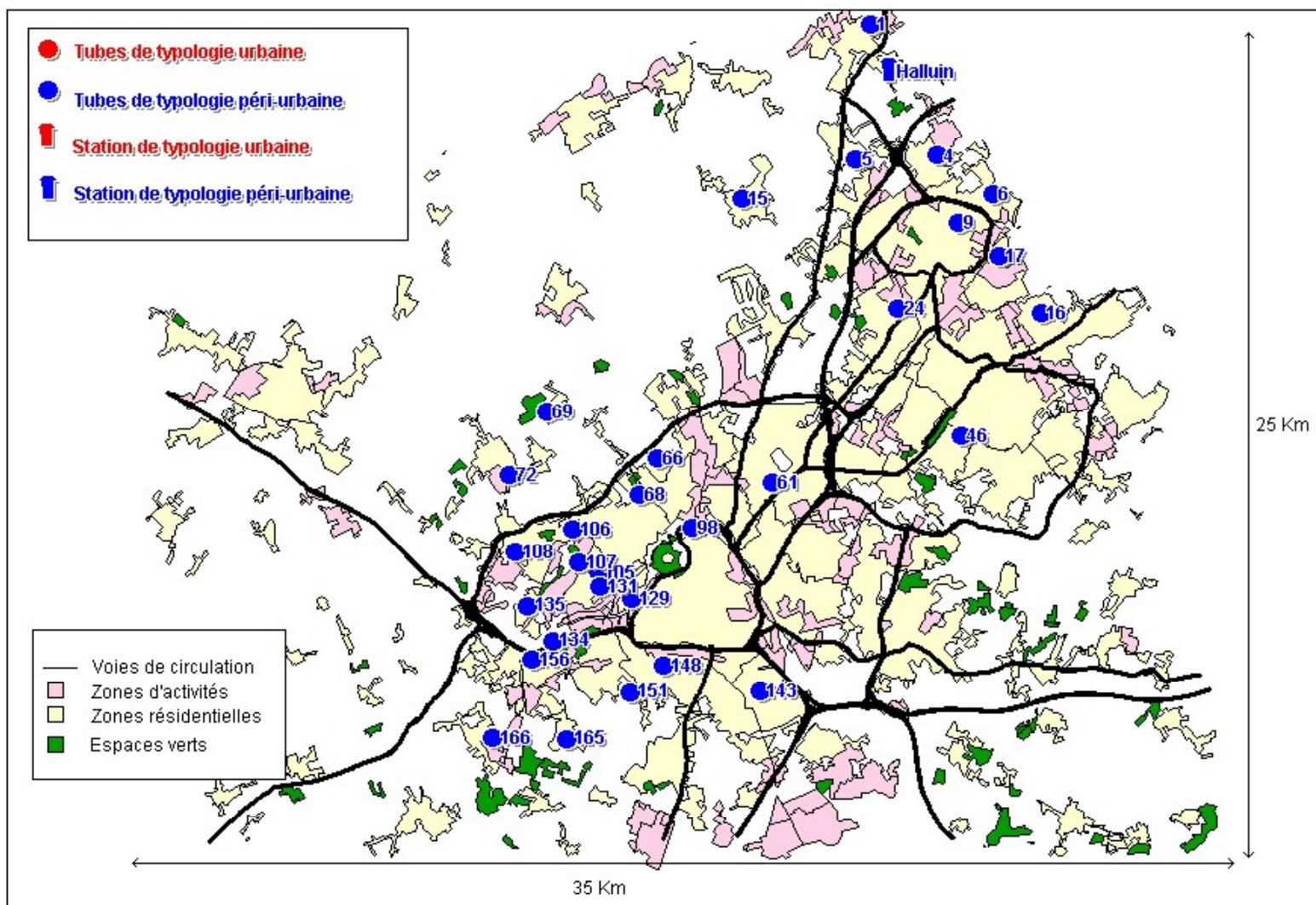
- Domaine d'étude :
20 km × 23 km = 460 km²

➤ Pour chaque site passif, recherche de liens statistiques avec des stations fixes.

- **Etape 1:** recherche des régressions linéaires ($y = a.x + b$) entre sites passifs (y) et stations automatiques (x) pour lesquelles le coefficient de détermination $r^2 \geq 80 \%$.
- **Etape 2:** Sélection des régressions couvrant toute la gamme de concentrations (présence de valeurs faibles, moyennes, hautes).

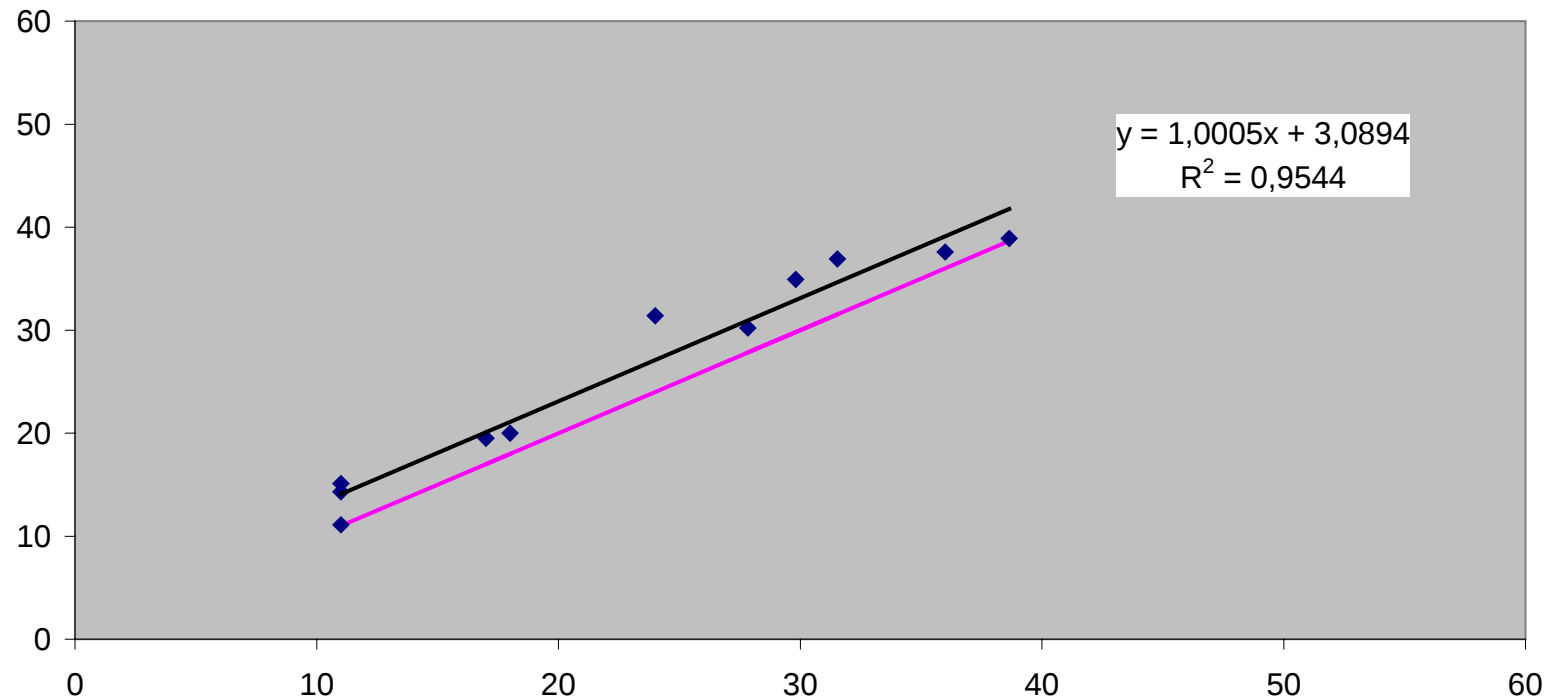
RESULTATS:

- la plupart des sites passifs corrélés à une station de typologie donnée (urbaine ou périurbaine) sont aussi corrélés aux autres stations de même typologie.
⇒ on peut sélectionner une seule station urbaine et une seule station périurbaine.
- 66 sites passifs sur 122 (soit 54%) sont corrélés significativement, dont 36 sites à la station urbaine et 30 à la station périurbaine.

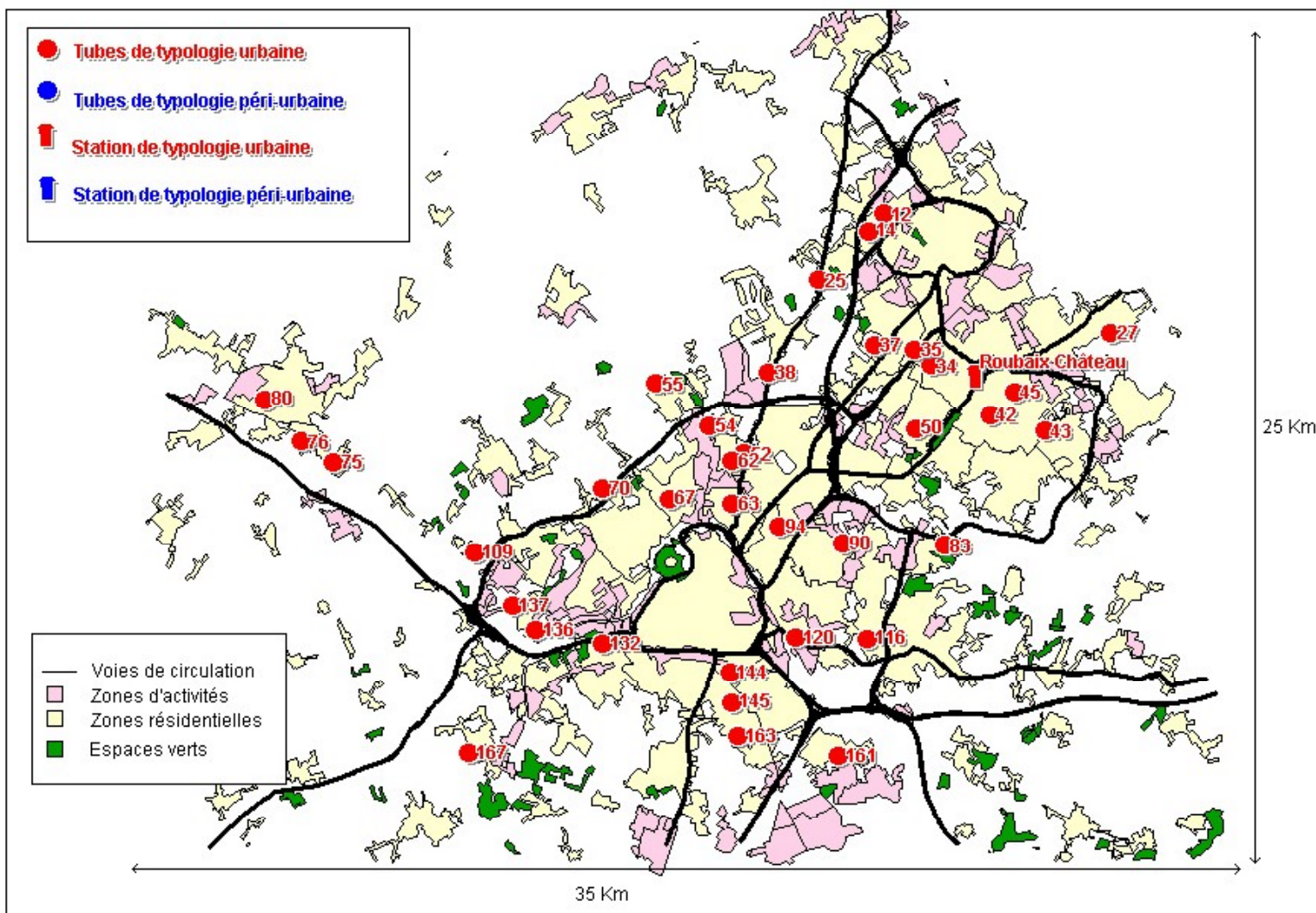


Exemple de régression linéaire entre un site d'échantillonnage passif et la station péri-urbaine

Concentration en NO₂ mesurée
par échantillonnage passif
au site n°46 (µg/m³)

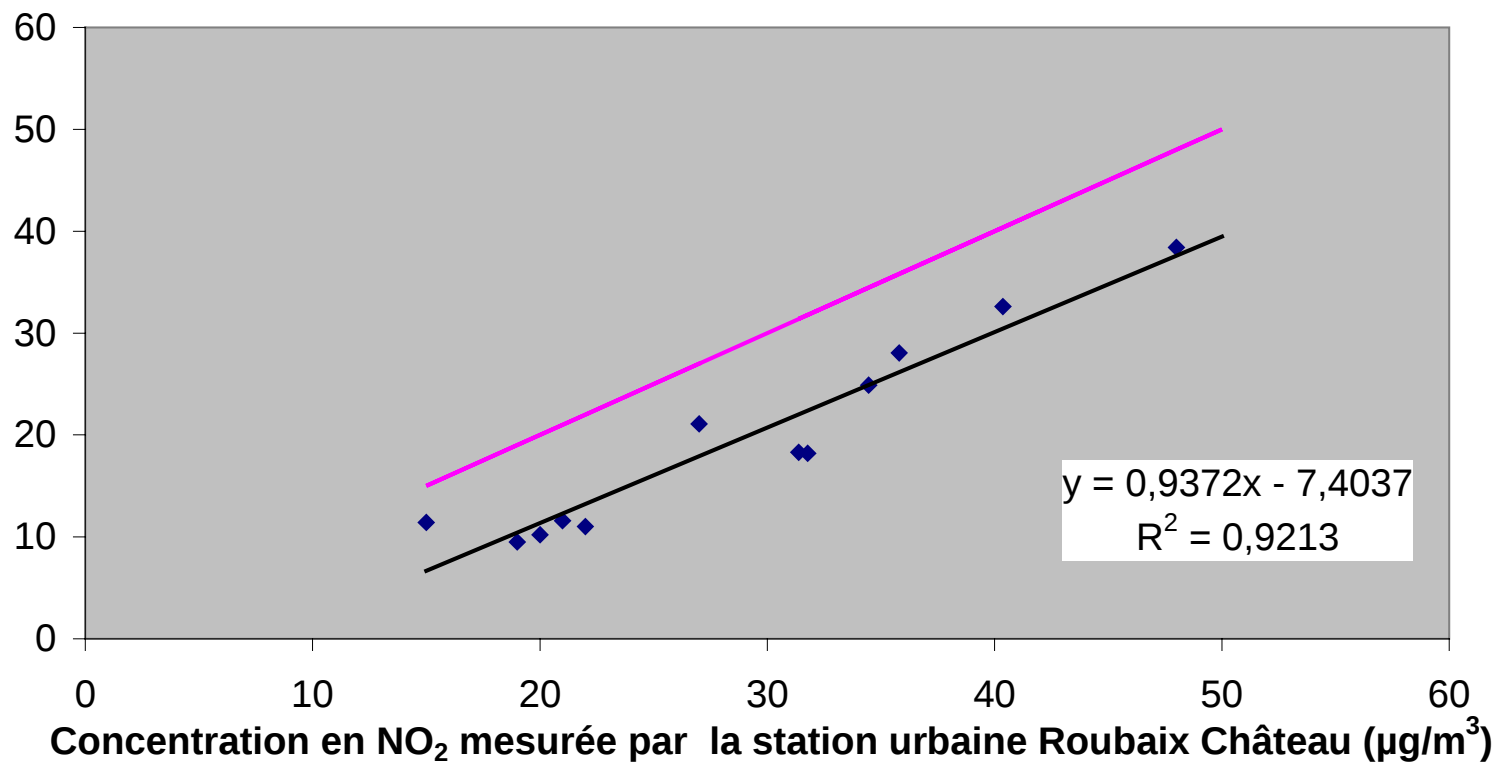


Concentration en NO₂ mesurée par la station périurbaine Halluin Cailloux (µg/m³)



Exemple de régression linéaire entre un site d'échantillonnage passif et la station urbaine

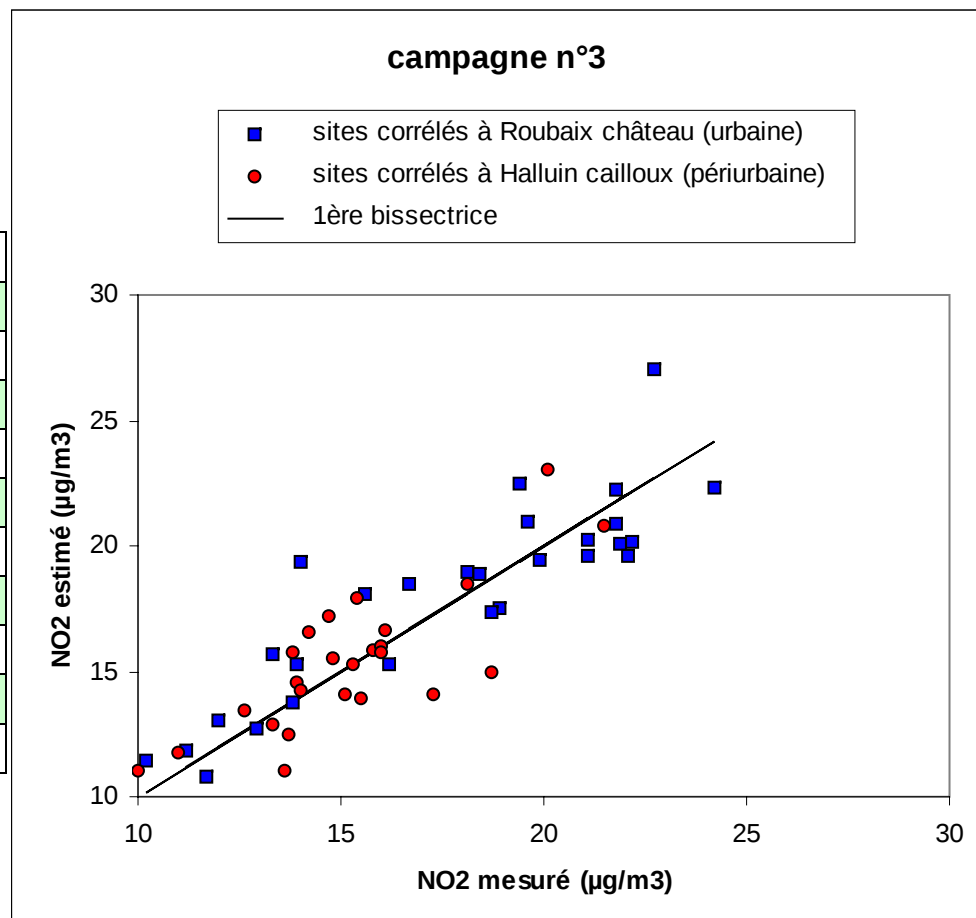
Concentration en NO₂ mesurée
par échantillonnage passif
au tube n°55 (µg/m³)



Etablissement des cartes de pollution par interpolation spatiale (krigeage) des mesures des 2 stations fixes et des valeurs estimées aux 66 sites corrélés.

Exemple: campagne n°3
(24 juin au 8 juillet 1998)

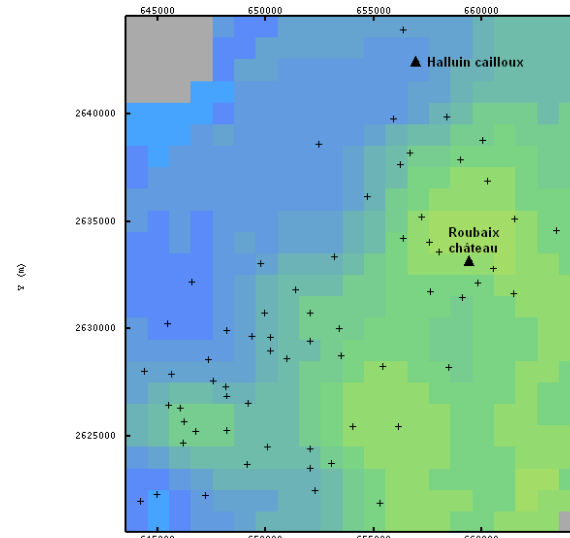
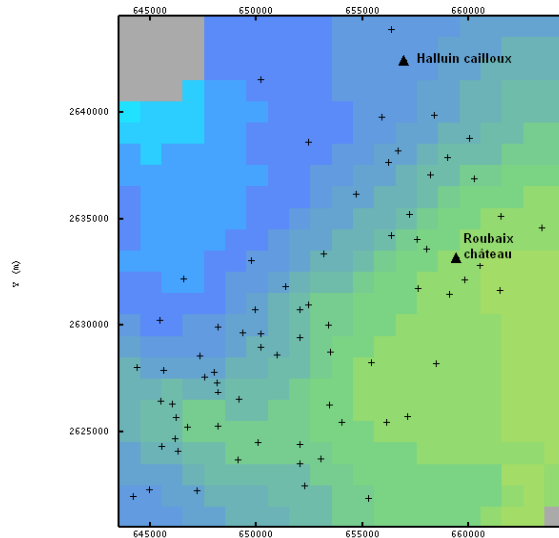
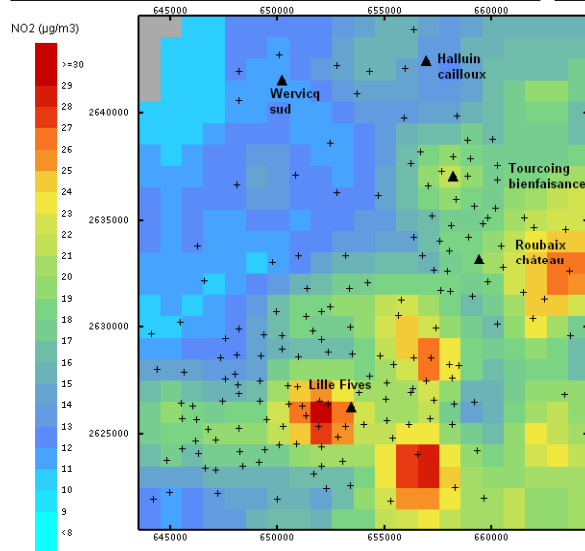
	Mesures	Estimations
Nb total de valeurs	122	59
Nb. sites passifs	116	57
Nb. de stations	6	2
minimum	9,3	9,9
25 ^{ème} percentile	14,0	13,6
médiane	18,0	15,6
75 ^{ème} percentile	21,8	19,3
maximum	35,1	24,2
moyenne	18,5	16,2
écart-type	5,5	3,7



Avec **toutes les 116 MESURES**:
110 mesures passives
+ 6 stations = 116 valeurs

Avec seulement **57 MESURES**
aux **SITES CORRELES**:
55 mesures passives (+ 11
manquantes) + 2 stations = 57 val.

Avec **66 ESTIMATIONS**
et **2 MESURES**:
66 estimations + 2 stations
= 68 valeurs



Effet de la diminution
du nombre de valeurs et
de la sélection de
typologie (U et P)

Effet de l'estimation

RESULTATS:

Carte complète avec 116 mesures

(110 tubes + 6 stations U ou P):

- C'est la carte la mieux renseignée. Elle présente des points « chauds », correspondant à des mailles en centre-ville ou dans lesquelles se trouvent des nœuds autoroutiers.

Cartes établies avec la moitié des points

(sélection des **sites corrélés** aux stations + 2 stations):

- La carte établie à partir des valeurs estimées et celle établie à partir des valeurs mesurées par échantillonnage passif se ressemblent.
- Sur ces deux cartes établies avec la moitié des points, les quatre points « chauds » n'apparaissent pas. On n'obtient qu'une carte de la pollution de « fond ».

DISCUSSION ET PERSPECTIVES:

- Les résultats sont encourageants, mais non encore satisfaisants (points «chauds»).
- Pour arriver à rendre compte des points «chauds», on peut envisager plusieurs pistes:
 - **augmenter le nombre de sites corrélés aux stations**, en particulier trouver des sites corrélés supplémentaires dans les mailles des points « chauds » (**jouer sur le critère r^2 ; choix d'une 3^{ème} station située en centre-ville**);
 - imbrication avec un modèle de rue?

Peut-on, par cette méthode, obtenir des cartes **journalières** de qualité ?

Exactitude minimale requise pour l'estimation des moyennes journalières en NO₂

- Par modélisation: 50%
- Par estimation objective: 75% .

Problème: on ne peut pas mesurer le NO₂ par échantillonnage passif avec un pas de temps inférieur à 14 jours.

⇒ il faut travailler avec les données des stations automatiques.

Méthodologie (suite) :

- Calculer les paramètres (a, b) de la régression linéaire entre deux stations automatiques X et Y, de même typologie, pour des valeurs moyennées sur 14 jours.
- Appliquer la régression établie pour estimer la moyenne journalière de la station Y à partir de la moyenne journalière de la station X.
- Calculer le degré d'exactitude de l'estimation.

- Calcul des paramètres de la régression linéaire entre deux stations automatiques pour des valeurs moyennées sur 14 j.

RESULTATS:

- Toutes les stations automatiques U ou P sont corrélées entre elles (moyennes bi-hebdomadaires) avec en moyenne $r^2 \geq 0,75$.

Exemple 1: $\text{Fives}(U) = \text{Roubaix}(U) + 6,00 \text{ (}\mu\text{g.m}^{-3}\text{)} , r^2 = 0,82$

Exemple 2: $\text{Fives}(U) = 0,99 \times \text{Halluin}(P) + 13,86 \text{ (}\mu\text{g.m}^{-3}\text{)} , r^2 = 0,72$

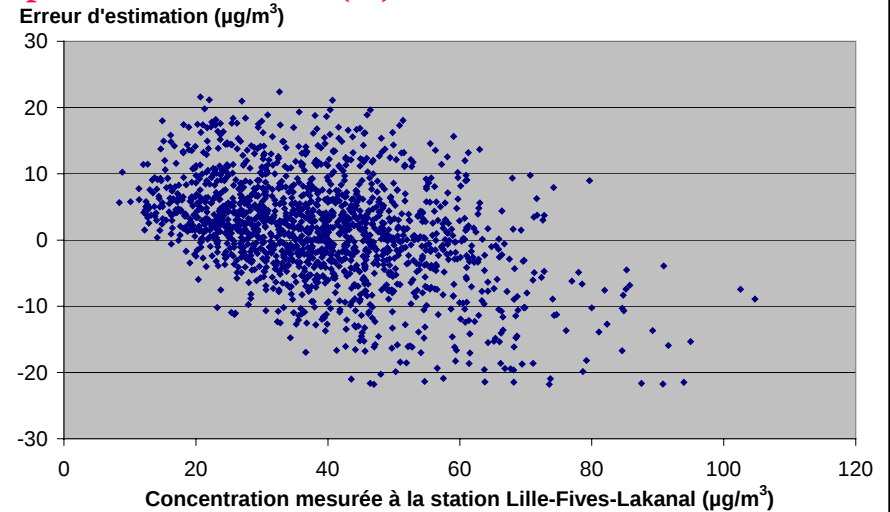
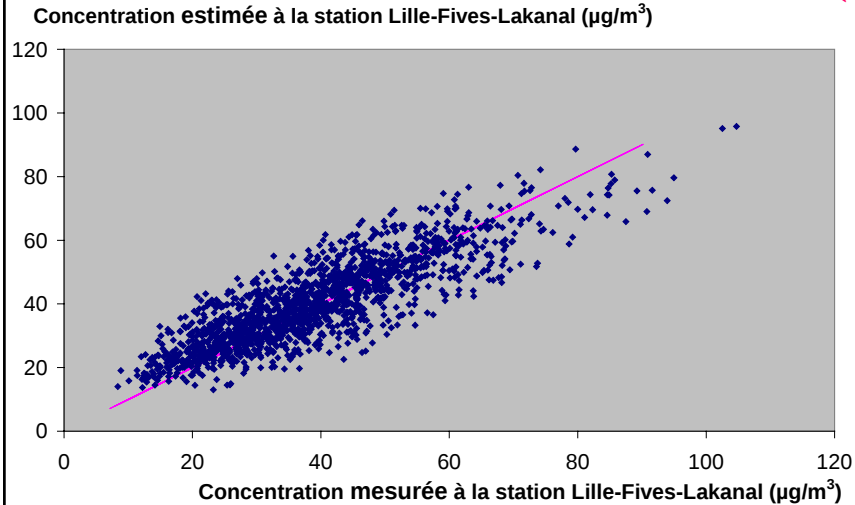
Exemple 3: $\text{Halluin}(P) = 0,95 \times \text{Armentières}(P) - 2,11 \text{ (}\mu\text{g.m}^{-3}\text{)} , r^2 = 0,88$

- Estimation des valeurs journalières à partir des corrélations établies pour des valeurs bi-hebdomadaires.

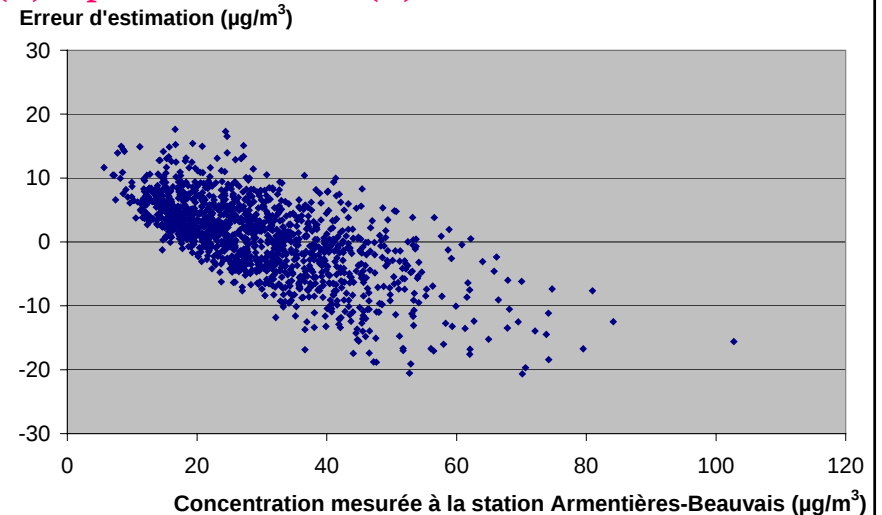
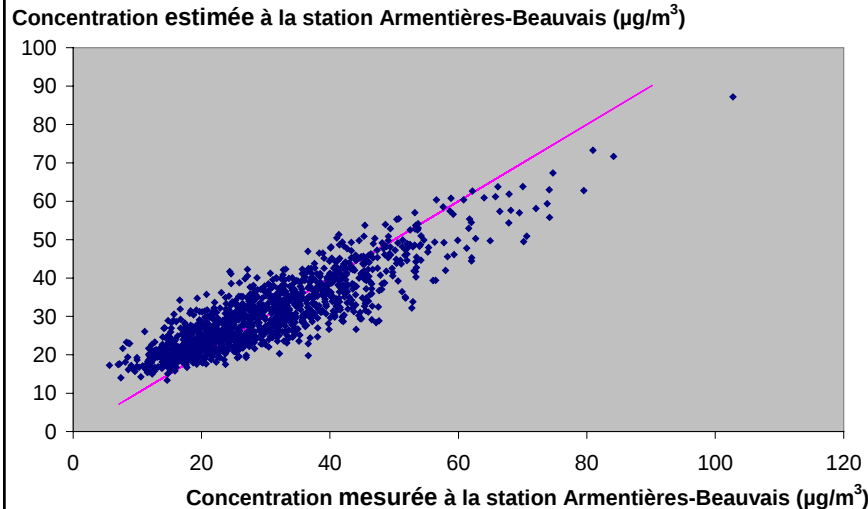
RESULTATS:

- les erreurs moyennes d'estimation sont proches de zéro.
- les erreurs relatives moyennes sont inférieures à 30%.

Estimation de Fives (U) à partir de Roubaix (U)

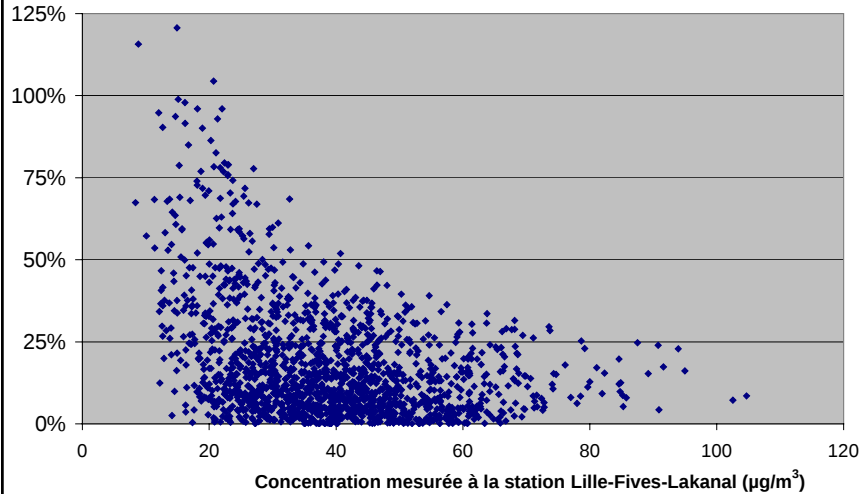


Estimation d'Armentières (P) à partir d'Halluin (P)



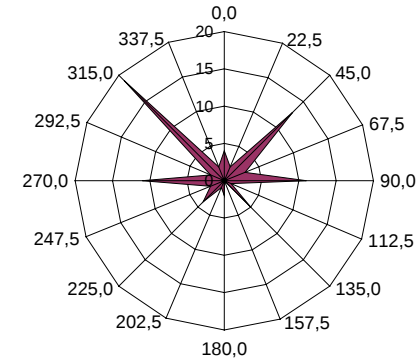
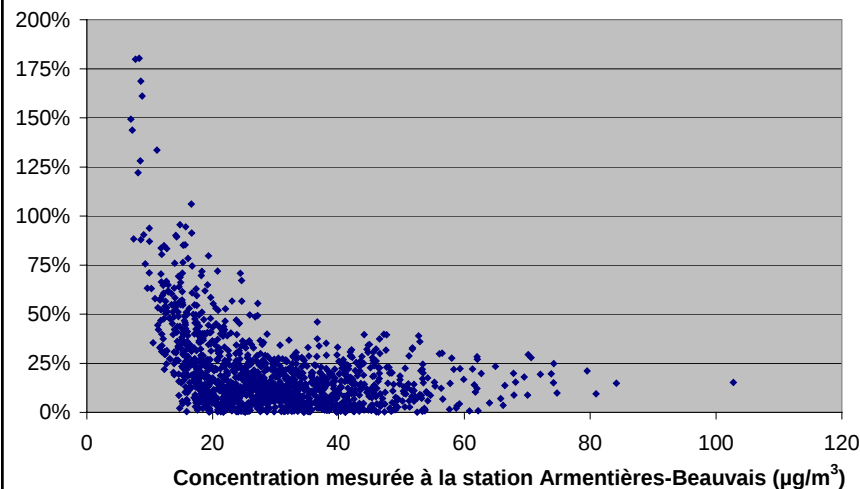
Estimation de Fives (U) à partir de Roubaix (U)

Erreur relative en valeur absolue (%)

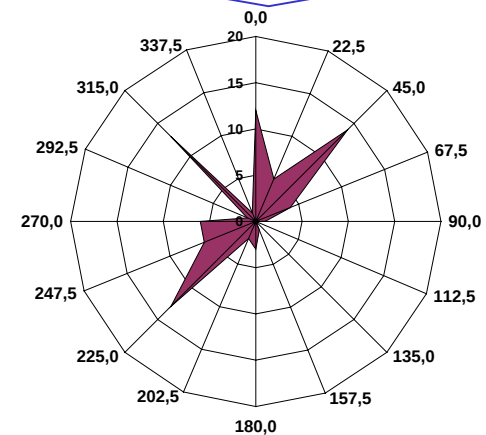


Estimation d'Armentières (P) à partir d'Halluin (P)

Erreur relative en valeur absolue (%)



Les jours où l'erreur relative absolue dépasse 50 % correspondent à des conditions météo particulières (anticycloniques, mois de mai, ozone)



CONCLUSIONS DE L'ETUDE

- Des liens statistiques (régressions linéaires) peuvent exister entre des mesures effectuées en différents sites.
- Il est possible d'estimer la valeur d'un polluant en un site à partir d'une mesure effectuée dans un site corrélé (estimation objective).
- Les corrélations obtenues à partir de moyennes bi-hebdomadaires permettent aussi d'estimer des moyennes journalières avec une exactitude convenable.
- Pour l'estimation des moyennes journalières, il semble cependant que les conditions météorologiques doivent être prises en compte, car les corrélations obtenues à partir de moyenne bihebdomadaires ne reflètent que les régimes météorologiques habituels.

PERSPECTIVES

⇒ Cartes journalières:

- définir les corrélations à appliquer suivant des classes de conditions météorologiques.
- automatiser la production de cartes de pollution par interpolation spatiale (géostatistique) en associant les mesures aux estimations, obtenues par corrélations statistiques.

⇒ Cartes horaires:

- examiner la validité (ou non) des corrélations pour l'estimation des valeurs horaires (avec quelle exactitude?).

⇒ Transposer la méthodologie à une autre situation géographique

⇒ Travailler à la prise en compte de la pollution en centre-ville.