

Estimation de la concentration annuelle en NO₂. Quelques exemples.

C. de Fouquet

chantal.de_fouquet@ensmp.fr
Ecole des Mines de Paris,
Centre de Géostatistique

1. Cartographie de la concentration moyenne annuelle

- améliorer la précision à l'aide de variables décrivant le milieu urbain ?
- adapter l'échantillonnage ?

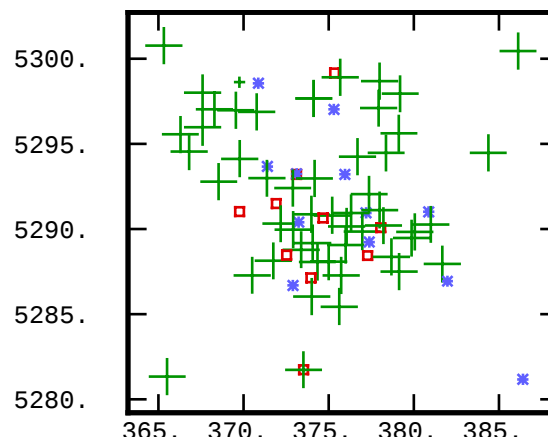
Exemples : campagnes de mesures par tubes

- Mulhouse
- Montpellier, Vallée de la Thur

Convention INERIS-LCSQA / ARMINES

2. Moyenne annuelle à Mulhouse

3 quinzaines par saison



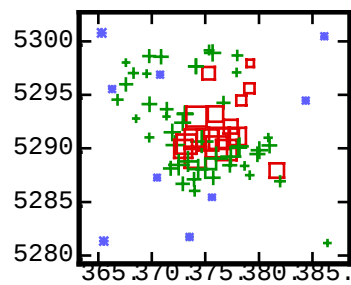
* hivernales (total : 64)

+ 52 “annuelles”

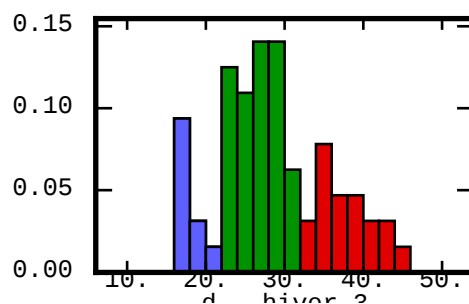
[] estivales (total : 62)

2.1. Statistiques du NO2 saisonnier

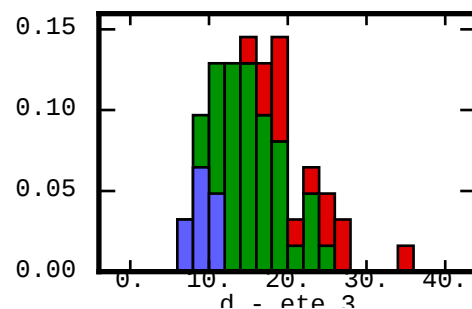
Fortes concentrations hivernales



Log dens.population

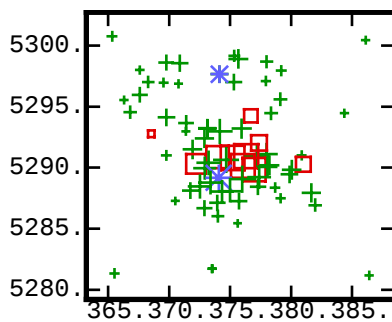


Hiver

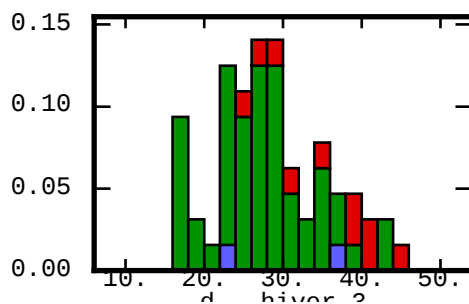


Été

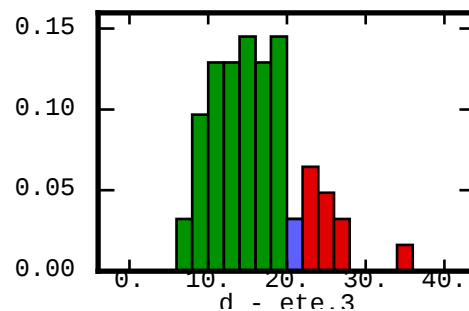
Fortes concentrations estivales



Log densité de population



Hiver



Eté

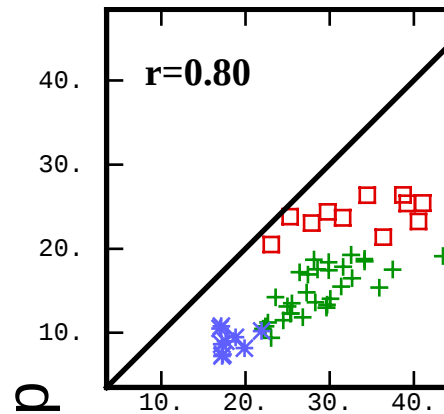
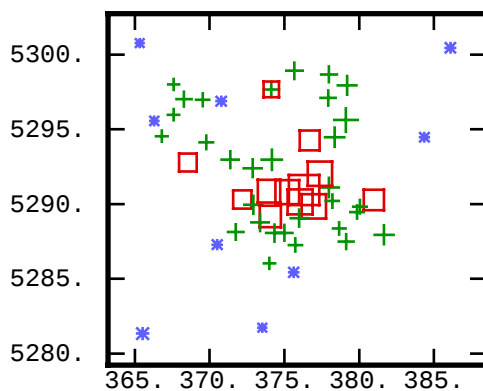
▷ L'implantation des fortes concentrations varie suivant la saison

Statistiques élémentaires

NO2	hiver	été	annuel
effectif	64 52	62 52	52
minimum	17.0	7.3	12.2
maximum	44.7	34.6	39.7
moyenne	28.7 28.3	16.1 16.2	22.3
écart-type	7.0 7.1	5.5 5.9	6.2
coeff. de variation	0.24 0.25	0.34 0.36	0.28

- ▷ Moyenne et écart-type supérieurs en hiver
- ▷ Coefficient de variation supérieur en été

Relations entre moyennes saisonnières



d - hiver.3

Corrélation des moyennes saisonnières :

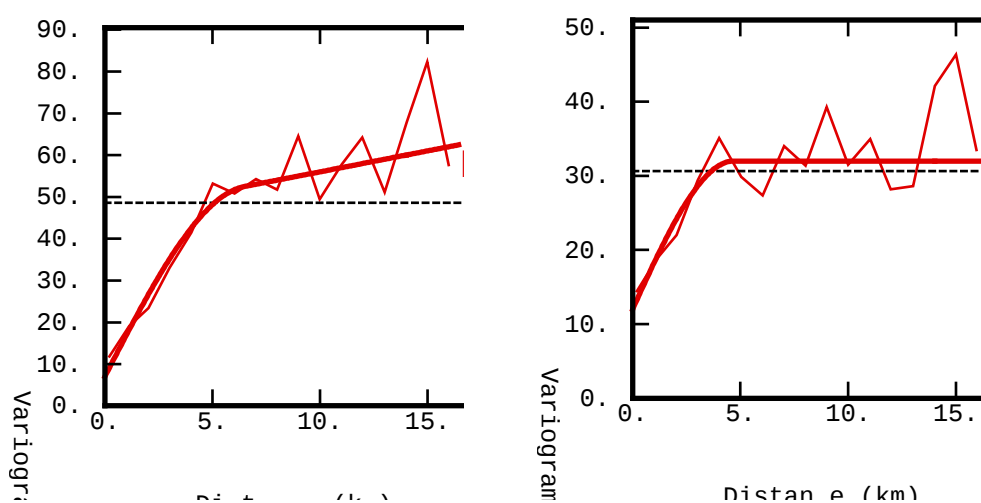
Hiver, Été : $r=0.80$

Hiver, An : $r=0.96$

Été, An : $r=0.94$

2.2. Krigeage des moyennes saisonnières

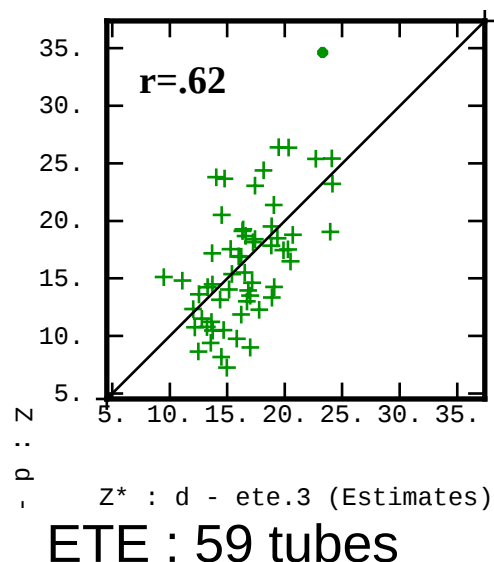
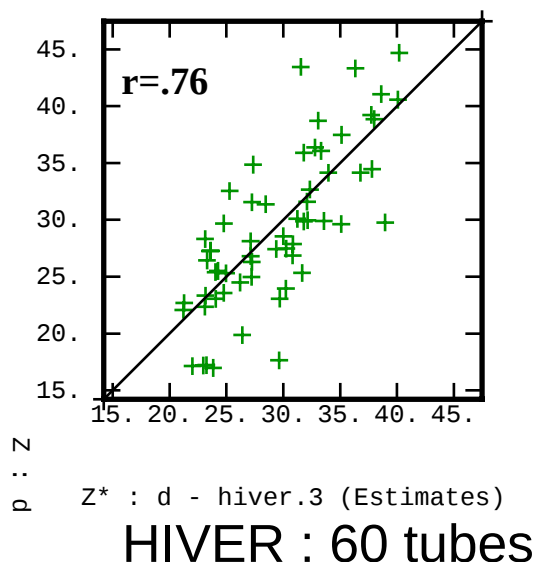
Variogrammes du NO2 saisonnier



Hiver : 7. + 39. Sphérique (6.5km) + |h|

Eté : 12. + 20. Sphérique (4.7km)

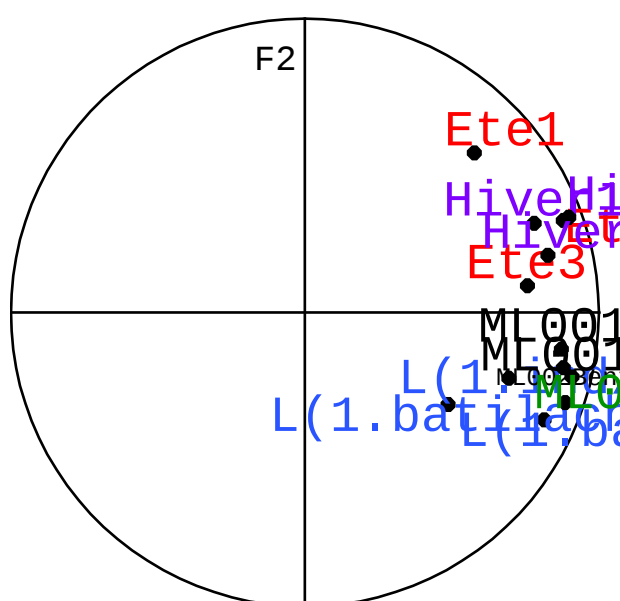
Validation croisée des moyennes saisonnières



- ▷ Variance des erreurs d'estimation supérieure en hiver.
- ▷ Variance des erreurs relatives supérieure en été.

2.3. Relations avec le milieu urbain

Variables auxiliaires, à mailles régulières :
densité de population, occupation des
sols, émissions

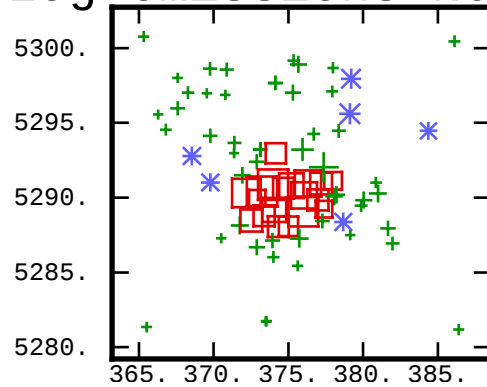


F1 : 64% F2 : 8,5%

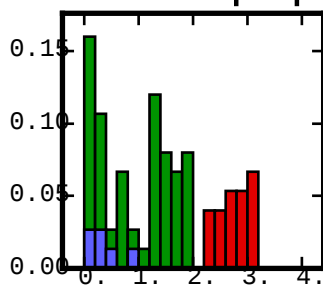
- ▷ quinzaines estivales plus dispersées

Relations entre variables auxiliaires

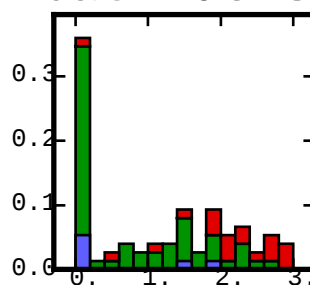
Log émissions NOx



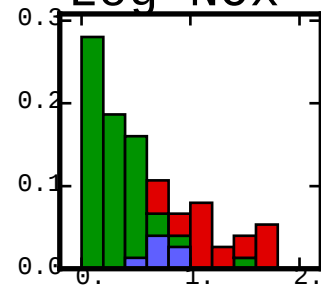
Ldens.pop.



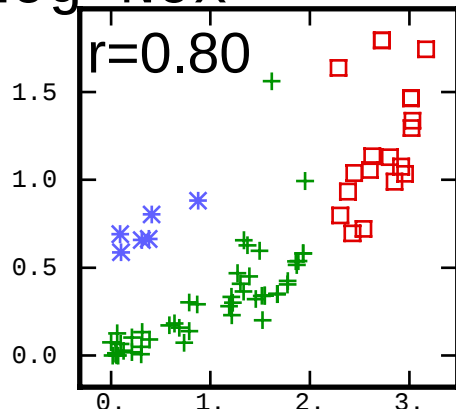
Lbâti dense



Log NOx

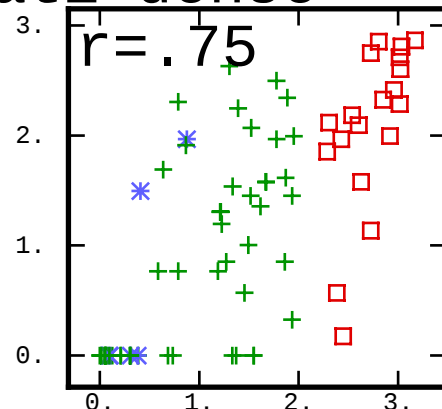


Log NOx



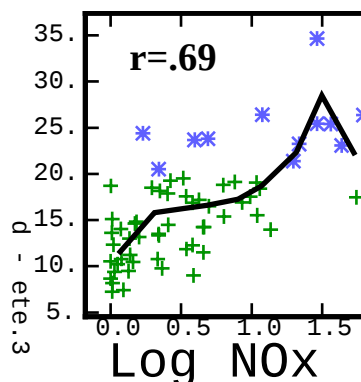
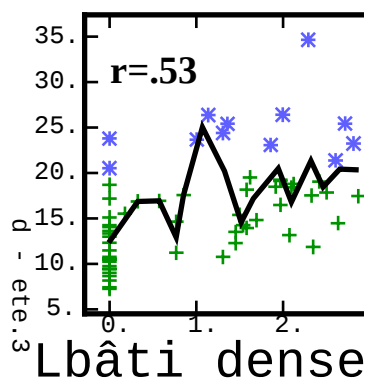
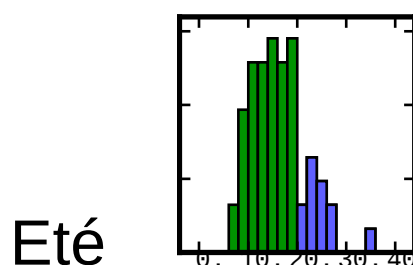
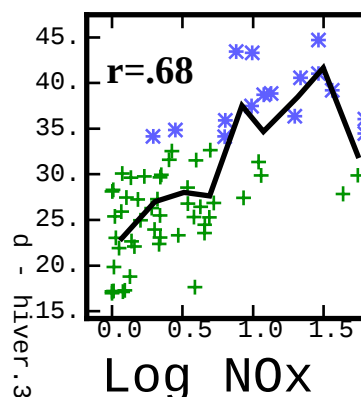
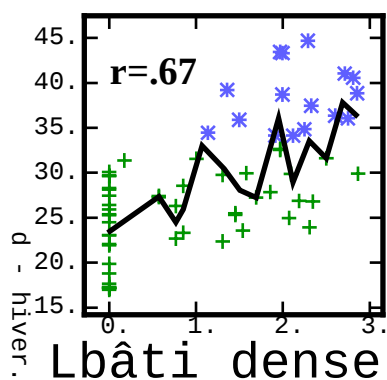
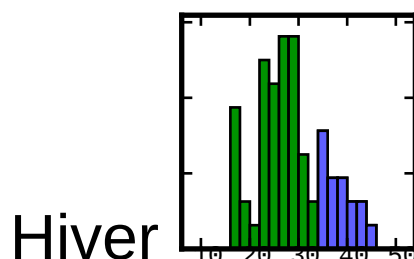
Log dens.pop.

Lbati dense



Log dens.pop.

Relations entre variables auxiliaires et NO2 saisonnier



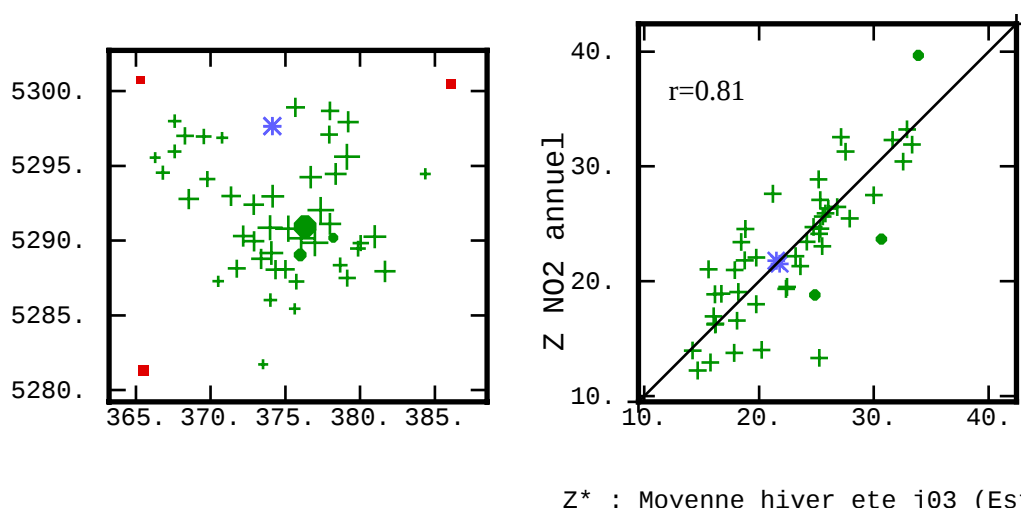
Validation croisée en dérive externe

	modèle	r Z,Z*	erreur		erreur relative (%)	
			m	s2	m	s2
Hiver	Krigeage	.76	.3	20.	4.	3.1
	Population bâti dense	.83	.1	14.	2.	2.6
Eté	Krigeage	.62	.2	18.	8.	9.2
	NOx bâti dense population	.67	.1	17.	5.	8.8

- ▷ utilité des variables auxiliaires, mieux marquée l'hiver
- ▷ résultats proches pour différentes variables en dérive

2.4. Estimation de la moyenne annuelle

Krigeage en dérive externe de NO₂ annuel

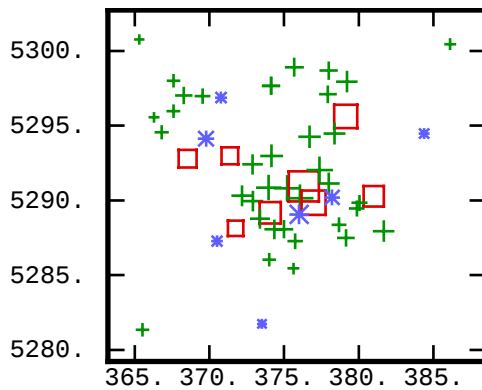


* tubes à 3m

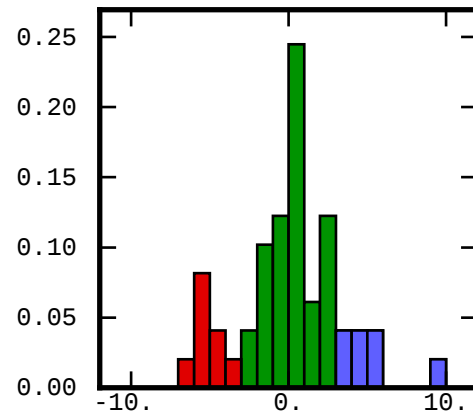
Exemple : population, bâti dense et NO_x en dérive.

▷ Faible sensibilité des résultats au choix des variables en dérive

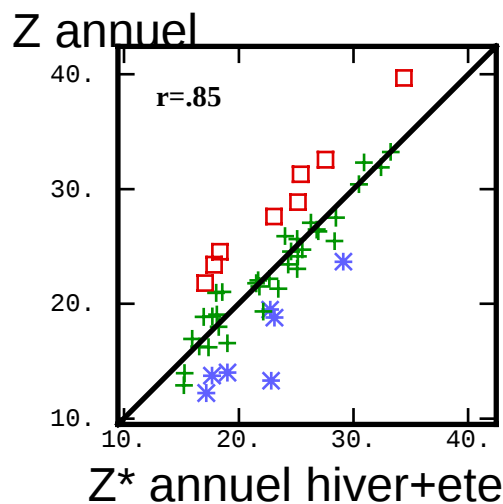
Moyenne des estimations saisonnnières avec dérive externe : $Z_{AN}^* = \frac{1}{2}(Z_{Hiver}^* + Z_{Ete}^*)$



NO2 annuel



Z*-Z annuel hiver+ete



▷ cokriger les concentrations annuelles
par les concentrations saisonnières ?

Estimation de la moyenne annuelle

	r (Z,Z*)	erreur		erreur relative %	
		m	s2	m	s2
NO2 annuel, (population, bâti)	.81	0.05	12.5	3.	3.2
NO2 annuel (NOx)	.82	0.21	11.8	3.	3.5
moyenne hiver été Dérives Externes	.85	0.07	10.2	3.	3.0

- ▷ l'implantation des tubes varie avec les saisons : utilité du cokrigeage.
- ▷ cohérence des estimations saisonnières et annuelles.

3. Les équations

A moyennes inconnues :

$$\mathbf{m}_{\text{AN}} = \frac{1}{2}(\mathbf{m}_{\text{Hiver}} + \mathbf{m}_{\text{Ete}})$$

$$\text{non biais} \Rightarrow \sum_{\alpha} \lambda_{\text{Hiver}}^{\alpha} = \frac{1}{2} \text{ et } \sum_{\beta} \lambda_{\text{Ete}}^{\beta} = \frac{1}{2}$$

Dérive externe : régression linéaire, sans fixer les coefficients

$$\mathbf{Z}_{\text{Hiver}}(\mathbf{x}) = \sum_{\ell} \mathbf{A}_{\ell} \mathbf{f}^{\ell}(\mathbf{x}) + \mathbf{R}(\mathbf{x})$$

$$\text{et } \mathbf{Z}_{\text{Ete}}(\mathbf{x}) = \sum_{\mathbf{m}} \mathbf{B}_{\mathbf{m}} \mathbf{f}^{\mathbf{m}}(\mathbf{x}) + \mathbf{S}(\mathbf{x})$$

non biais :

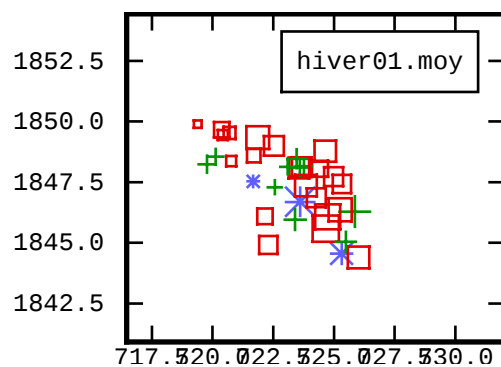
$$\Rightarrow \forall \ell, \sum_{\alpha} \lambda_{\text{Hiver}}^{\alpha} \mathbf{f}_{\alpha}^{\ell} = \frac{\mathbf{f}_{\mathbf{x}}^{\ell}}{2}$$

$$\text{et } \forall \mathbf{m}, \sum_{\beta} \lambda_{\text{Ete}}^{\beta} \mathbf{f}_{\beta}^{\mathbf{m}} = \frac{\mathbf{f}_{\mathbf{x}}^{\mathbf{m}}}{2}$$

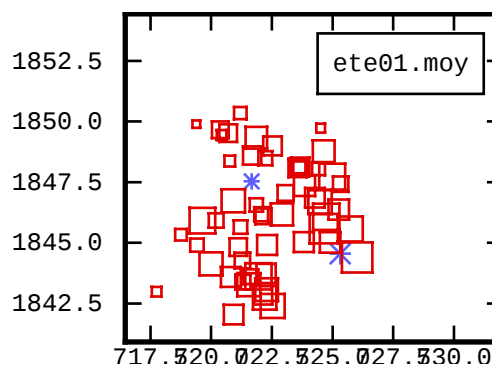
4. Moyennes saisonnières à Montpellier (G. Le Loc'h)

4 quinzaines par saison

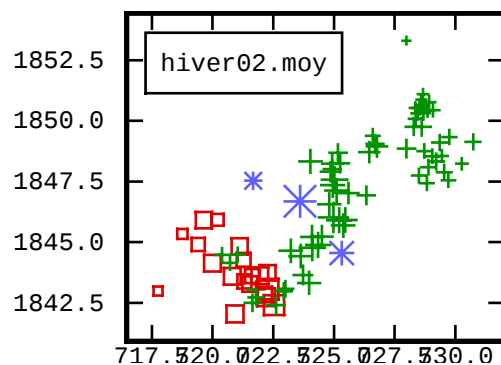
Tubes implantés en milieu de moins en moins urbanisé



Hiver01(36)



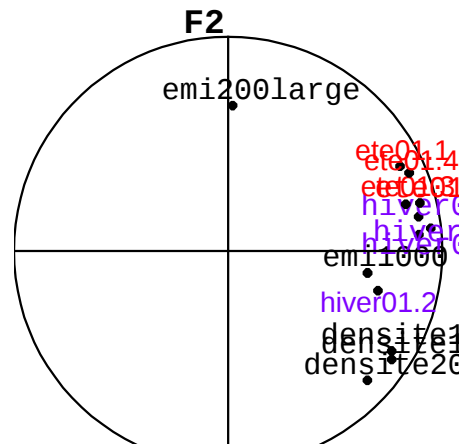
Eté01(57)



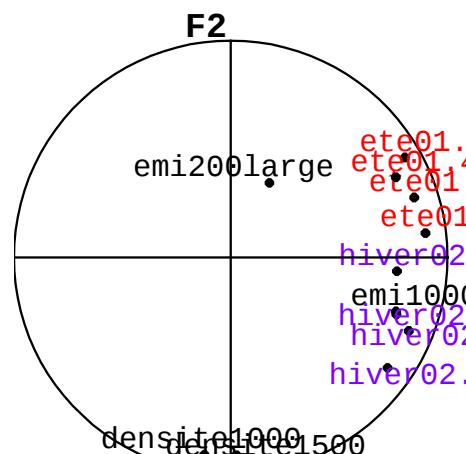
Hiver 02(88)

* 3 saisons (2 tubes) ou 2 hivers (3 tubes)

Relations entre concentrations et milieu



hiver 01 & été 01

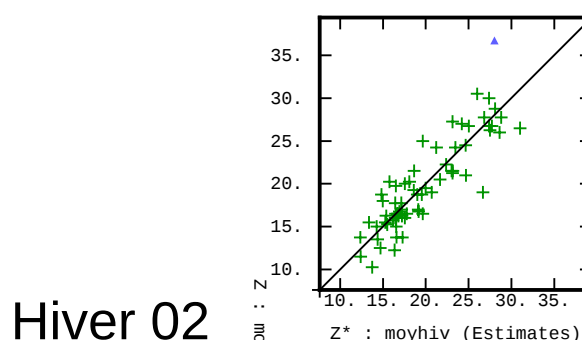
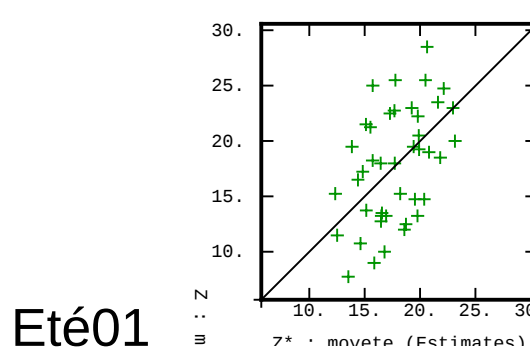
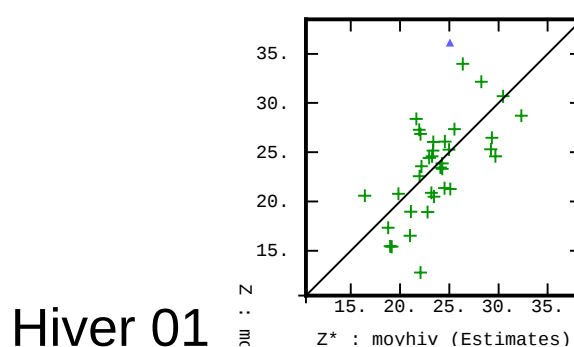


été 01 & hiver 02

- ▷ corrélation concentrations/émissions ou concentrations/densité de population mieux marquée l'hiver.
- ▷ part des différences saisonnières ou des quartiers ?

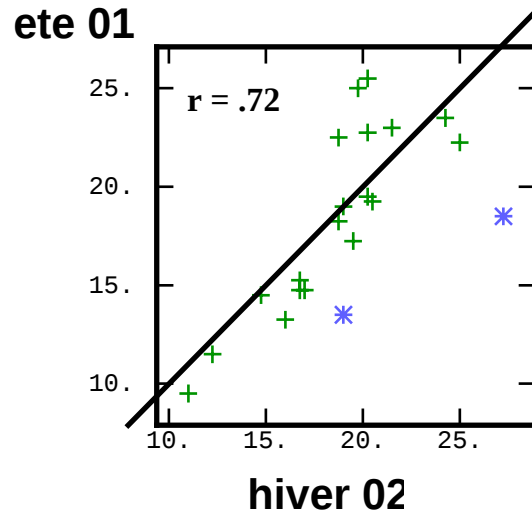
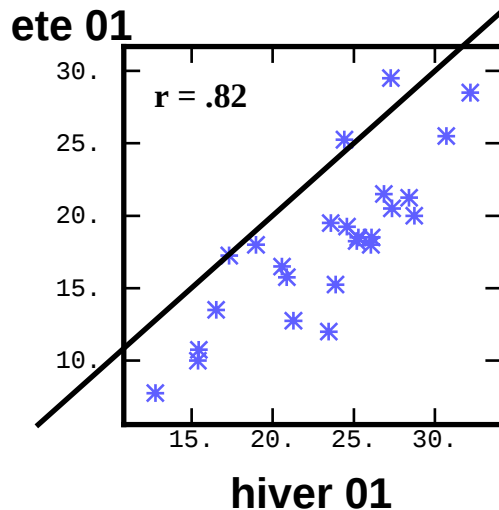
Estimation des moyennes saisonnières

Validation croisée, avec les émissions ou la densité de population en dérive externe



▷ estimation médiocre en été, correcte pour les quartiers couverts en hiver 02

Relations entre moyennes saisonnières



moyenne et variance supérieures en hiver

coefficient de variation supérieur en été

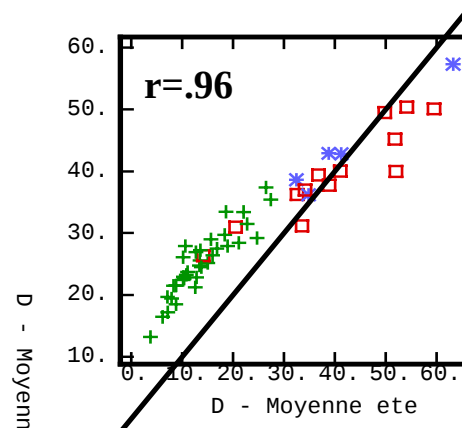
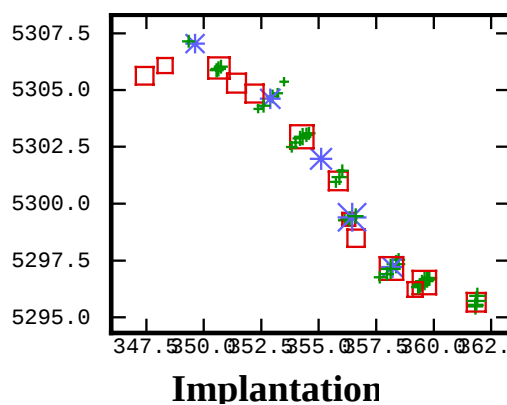
3 stations communes: forte corrélation des moyennes hivernales

5. Vallée de la Thur

transects transversaux et longitudinaux
sur la RN66

6 quinzaines estivales (2001)

et 6 quinzaines hivernales (2001-2002)



1 ou 2m

▷ Corrélation non linéaire des moyennes
saisonnnières : effet du vent (cf. ASPA)

Estimation des moyennes saisonnières (S. Séguret)

Décomposition : moyenne + résidu

- décroissance exponentielle perpendiculairement à la route
- décroissance linéaire le long de la route
- variance non stationnaire du résidu
- ▷ constitution d'une population homogène par suppression de mesures : zone de validité du modèle ?
- ▷ validation : paramétrage, contrôle entre 2-50m ?

6. Conclusions

6.1. Etude exploratoire du NO₂

- Forte variabilité ou fort contraste des concentrations à l'échelle décamétrique
- Concentration moyenne estivale : structure spatiale moins marquée et forte variabilité relative.
- Forte variabilité entre quinzaines estivales
 - ▷ représentativité saisonnière de n quinzaines ?
 - ▷ examiner les analyseurs
- Relations entre concentration et variables auxiliaires différentes selon les saisons

6.2. Estimation des moyennes temporelles

- Amélioration des estimations saisonnières par les variables décrivant le milieu urbain
 - ▷ latitude dans le choix des modèles
 - ▷ support “optimal” pour corrélérer à la concentration ?
 - ▷ différencier spatialement les corrélations ?
 - ▷ préciser les critères de qualité d’une cartographie ?
- Estimation du “fond de pollution” par analyse krigéante

- Cokrigage de la moyenne annuelle par les moyennes saisonnières (ou par quinzaines).
 - ▷ Cohérence des estimations
 - ▷ Implantation variable des stations
- Echantillonnage par quinzaines en alternant certains capteurs ?