

Note technique

ETUDE D'INTERCOMPARAISON DES MODELES DE QUALITE DE L'AIR A L'ECHELLE DE LA RUE ET A L'ECHELLE URBAINE

Frédéric Tognet (Ineris)

1. SYNTHÈSE

Un premier exercice d'intercomparaison de modélisation a été mené en mode aveugle sur un quartier du centre ville de Reims par des AASQA volontaires. Cet exercice n'a malheureusement pas rencontré le succès escompté, ne suscitant qu'une participation limitée. Il a cependant permis d'initier les AASQA à ce type d'exercice ; il est donc attendu que les intercomparaisons futures rassemblent davantage de participants.

Les conclusions de l'exercice montrent que de manière générale, **peu de variabilité est constatée entre les différentes simulations**, ce qui constitue le premier résultat de cette étude.

Concernant le **NO₂**, les modélisations montrent une **sous-estimation systématique** des concentrations mesurées. Les meilleures simulations ont été obtenues avec des données météorologiques complétées par des valeurs de nébulosité initialement manquantes ainsi qu'avec une reconstruction sur toute l'année de la pollution de fond à l'aide des stations existantes. Il y a peu de différences constatées entre les résultats fournis par ADMS URBAN et par SIRANE (version V2).

Concernant les **PM₁₀**, les modélisations montrent une **sous-estimation** moins importante que pour le NO₂. Les biais constatés pour toutes les simulations sont faibles et l'indice de corrélation est élevé. La variabilité entre les modélisations est encore plus faible que pour le NO₂. Les différences constatées entre les résultats fournis par ADMS URBAN et par SIRANE (version V2) sont également limitées.

Les valeurs mesurées par le biais des échantillonneurs passifs en NO₂ montrent des concentrations beaucoup plus fortes que celles indiquées par les résultats de modélisation. Le réajustement des valeurs mesurées aux tubes par l'erreur constatée au point du camion laboratoire ne permet pas d'expliquer des différences aussi importantes. L'intérêt d'une comparaison des résultats de modélisation aux valeurs mesurées par ce type de capteur est ici remis en question et appelle des approfondissements ultérieurs.

2. CONTEXTE ET OBJECTIFS

Les AASQA font un usage croissant de la modélisation à l'échelle de la ville et de la rue afin de cartographier les zones exposées aux dépassements de seuils réglementaires, répondre aux obligations du rapportage et évaluer des plans d'action locaux. Dans ce contexte, il est indispensable d'avoir une connaissance approfondie des possibilités et limites des modèles et de la qualité des résultats produits. Cette information est importante pour le Ministère chargé de l'Ecologie, responsable de la mise en œuvre en France de la Directive sur la qualité de l'air ambiant (2008/50/CE) et qui, à ce titre, doit être en mesure de justifier le choix de certains outils auprès de la Commission européenne. Elle l'est aussi pour les AASQA qui doivent pouvoir démontrer aux autorités locales que leurs pratiques correspondent à l'état de l'art.

Dans ce contexte, le LCSQA étudie et évalue depuis plusieurs années des modèles destinés à simuler la pollution de proximité. En 2007-2008, il a compilé l'ensemble des campagnes de mesures de proximité réalisées par les AASQA en France et qui pouvaient être utilisées comme référence pour l'évaluation de modèles. Ce travail s'est poursuivi en 2009-2010 par un recensement et une évaluation des modèles de rue sur divers cas tests ainsi qu'une étude de sensibilité des modèles. Les résultats de ces travaux sont à la disposition des AASQA dans une rubrique spécifique du site Internet du LCSQA (www.lcsqa.org/pollution-proximite). Une synthèse en est proposée dans Wroblewski et al. (2010), assortie de recommandations d'usage¹. Cependant, l'influence sur les modélisations des différences intrinsèques entre les modèles et des différences associées à leur mise en œuvre n'a pas été estimée de manière quantitative. Le LCSQA a donc proposé une étude d'intercomparaison de résultats de modèles de proximité qui a été conduite en collaboration avec les AASQA volontaires.

Cet exercice d'intercomparaison (ou benchmarking) s'inscrit dans un des axes de travail du LCSQA concernant l'assurance qualité du dispositif de surveillance. Il a pour objet d'estimer la **variabilité des concentrations modélisées** par rapport aux modèles et aux méthodologies utilisées ainsi qu'aux pratiques de mise en œuvre. Il a été mené en mode aveugle et sans processus de calage, en suivant toutefois les modalités développées par les AASQA et en s'inspirant des expériences antérieures réalisées dans un cadre européen.

Ce type d'exercice est en effet pratiqué depuis longtemps pour qualifier la mesure aussi bien dans le cadre du LCSQA qu'au niveau européen (NF EN ISO/CEI 17043). Des exercices similaires de comparaison de modèles sont également pratiqués dans le cadre de travaux européens, notamment avec FAIRMODE. Ils permettent aux participants d'échanger sur leur expérience et d'avancer vers l'harmonisation des méthodologies employées, ce qui constitue les objectifs de l'étude proposée ici.

¹ <http://www.lcsqa.org/rapport/2010/ineris-emd/evaluation-modeles-simulation-pollution-proximite-axes-routiers-synthese-tra>

3. DEFINITION DE L'EXERCICE

L'étude d'intercomparaison porte sur les modèles de rue, les AASQA ayant fait savoir qu'il leur serait plus facile de participer pour cette échelle spatiale (réunion du CS modélisation du 23/10/2012). Le cas d'étude proposé pour cette échelle est celui de la **rue de Venise** dans la ville de **Reims**, cas déjà traité et bien documenté par ATMO Champagne-Ardenne. Il s'agit d'une rue canyon très fréquentée dans une topographie urbaine relativement simple. L'année simulée est l'année 2010 et les polluants étudiés pour cette étude sont le NO₂ et les PM₁₀.

Les AASQA participantes ont été invitées à réaliser les simulations sur ce cas d'étude en mode « aveugle », ce qui signifie que les données mesurées à l'intérieur du domaine de calcul n'ont pas été mises à disposition des participants. Le calage de modèle était donc impossible. Le LCSQA a participé de la même manière à l'exercice.

Le LCSQA a fourni un jeu de données d'entrée destiné à être partagé par tous les participants². Ce jeu de données incluait des données de pollution de fond disponibles sur plusieurs stations, des données météorologiques et des données d'émission sur le réseau de rues choisi pour la simulation. Le modélisateur a donc été amené à faire des choix méthodologiques pour l'utilisation de ces données (choix du modèle, choix d'une ou plusieurs stations de mesure de la pollution de fond, choix méthodologique pour le remplissage de données manquantes, choix des paramètres représentant l'usage des sols, etc...).

Les résultats des simulations ont été centralisés et exploités par le LCSQA. Les concentrations modélisées ont été comparées aux concentrations mesurées par ATMO Champagne-Ardenne sur le site du camion laboratoire stationné rue de Venise (campagne 2010) et sur les points d'échantillonnage équipés de tubes à diffusion.

Ce type d'exercice permet donc, à partir d'un même jeu de données d'entrée, d'étudier la variabilité des résultats de modélisation en intégrant à la fois les différences de calcul liées aux modèles utilisés et les différences liées à la méthodologie employée.

² <http://www.lcsqa.org/rapport/2013/ineris/etude-intercomparaison-modeles-qualite-air-echelle-rue-echelle-urbaine-note>

4. SPECIFICATIONS DE L'ETUDE D'INTERCOMPARAISON DES MODELES DE RUE (OU DE PROXIMITE) SUR LA RUE DE VENISE A REIMS

Cette partie décrit les caractéristiques techniques de l'exercice d'intercomparaison et liste les données d'entrée mises à disposition des participants.

4.1 Caractéristiques du domaine à modéliser autour de la rue de Venise à Reims

La zone modélisée devait inclure à minima le domaine présenté en Figure 1. La hauteur moyenne des bâtiments est indiquée par un chiffre sur les blocs bâtiments. Excepté pour la rue de Venise, la largeur des rues ou tronçons **était laissée au choix des modélisateurs**. Un dossier SIG représentant la géométrie et la hauteur des bâtiments est disponible sur le site du LCSQA.

Des précisions techniques concernant le domaine sont présentées ci-dessous.

- Largeur de la rue de Venise: 15 mètres
- Longueur de la rue de Venise: 500 mètres
- Hauteur des bâtiments dans la rue de Venise : de 12 à 22 mètres
- Trafic dans la rue de Venise: 15 000 à 16 000 véhicules par jour (comptage 2006)
- 9 rues modélisées : rue de Venise + 8 autres rues annexes totalisant en tout 28 tronçons distincts à modéliser.
- Absence de relief.



Figure 1 : Représentation cartographique des 7 rues à modéliser.

4.2 Définition des émissions

Seules les émissions des rues indiquées ci-dessous étaient à prendre en compte dans les simulations:

- rue de Venise,
- rue Clovis,
- rue Folle Peine,
- rue Abbé de l'Épée,
- rue des Capucins,
- rue Paul Adam,
- rue Gambetta,
- rue du Jard,
- rue des Moulins.

Les émissions de ces rues ont été fournies par le LCSQA en g/s pour chacun des 28 tronçons et pour toute l'année 2010. Une représentation des émissions moyennes pour chacune des rues est donnée en Figure 2.

Les autres sources présentes dans le domaine étaient supposées incluses dans les données de pollution de fond.

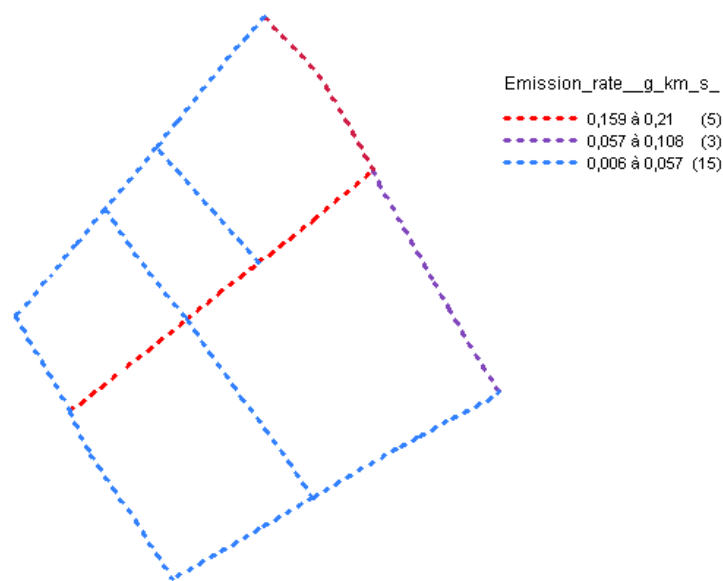


Figure 2 : représentation des émissions en g/km/s des 7 rues à modéliser.

4.3 Définition des paramètres météorologiques

Les données fournies sont celles de la station météorologique la plus proche de la zone d'étude, à savoir la station située sur la base aérienne 112 de Reims-Champagne sur la commune de Courcy. Il s'agit des valeurs horaires mesurées pendant l'année 2010. Quelques paramètres présentent des données manquantes ou non mesurées. Les modélisateurs ont dû s'en accommoder en utilisant, au choix, soit un autre paramètre météorologique, soit une méthodologie de reconstruction, soit en supprimant la période sur laquelle les données étaient manquantes. Les participants qui le souhaitaient pouvaient remplacer ces données par des données de modélisation de leur choix.

4.4 Représentation de la pollution de fond

Des données de pollution de fond sont disponibles suivant deux typologies de stations :

- **Periurbaine** : Bétheny
- **Urbaine** : Mairie, Jean d'Aulan, Murigny, Tinquieux

La localisation de ces stations est donnée en Figure 3. Le choix d'une station plutôt qu'une autre était laissé à l'initiative des modélisateurs. Ici encore, certaines stations présentent des données manquantes qu'il convenait de remplacer, reconstruire ou supprimer.

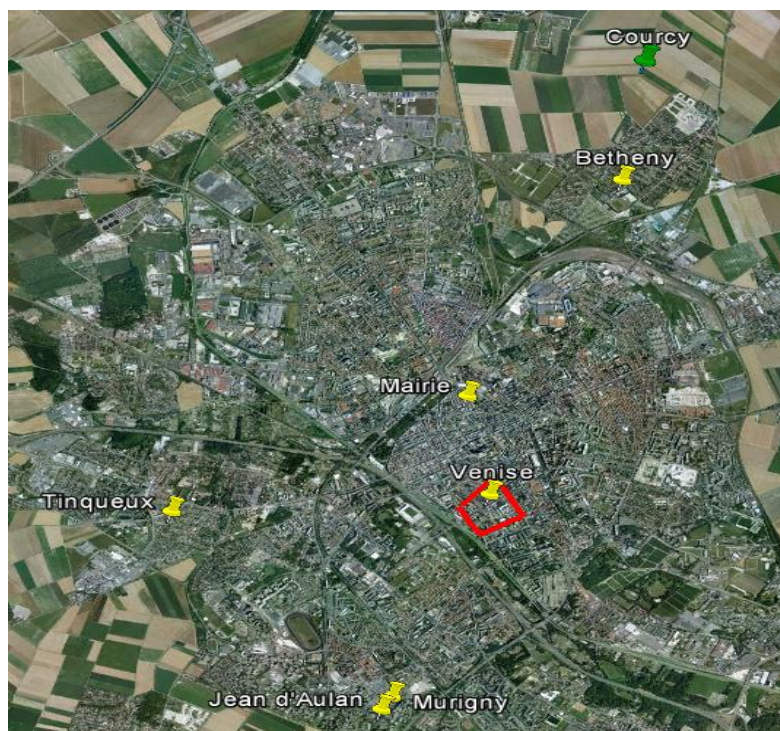


Figure 3 : Localisation des stations de fond disponibles pour la modélisation.

Les participants qui le souhaitaient pouvaient remplacer ces données par des données de modélisation de leur choix.

4.5 Choix des points récepteurs

Ont été choisis comme **points récepteurs** (points retenus pour les calculs de concentration en polluant):

- le site occupé par le camion laboratoire, rue de Venise (données horaires sur toute l'année) ;
- les points d'échantillonnage où ont été effectuées les mesures par tubes à diffusion passive (11 périodes d'une semaine réparties sur l'année 2010, points disposés selon des transects).

Les coordonnées GPS (en Lambert 93) de ces points ont été fournies par ATMO Champagne-Ardenne. Une hauteur de 2.3m a été attribuée à tous les récepteurs car c'est à cette hauteur qu'ATMO Champagne-Ardenne avait placé les tubes passifs. Un point récepteur à 4m de hauteur a été ajouté rue de Venise, afin de faire une comparaison avec les concentrations mesurées par la station mobile (mesures faites à 4m de hauteur).

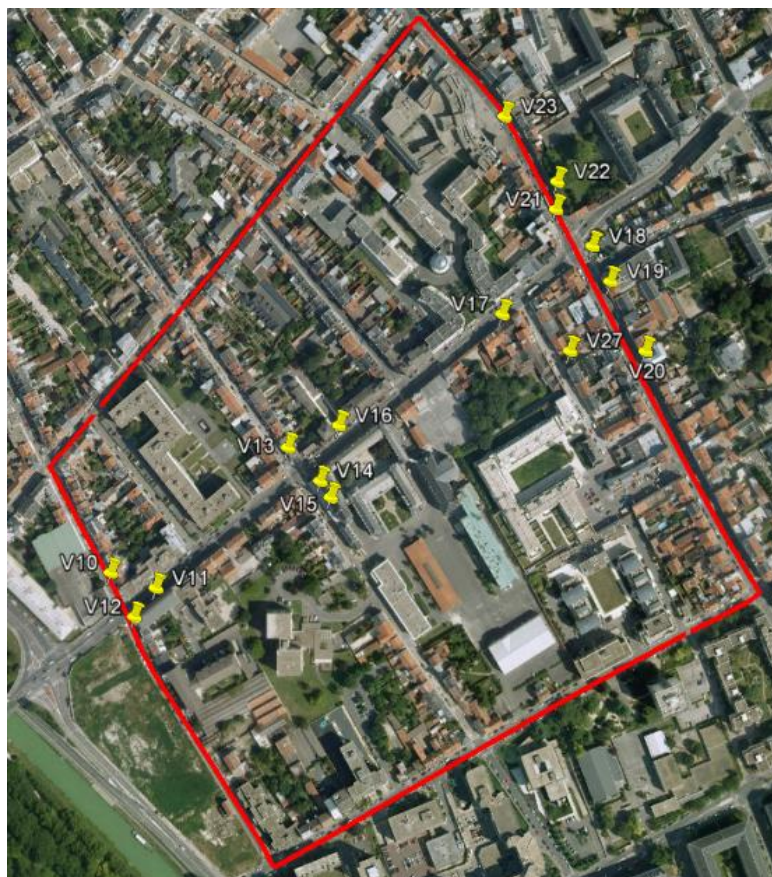


Figure 4 : Localisation des tubes passifs (NO₂).

Les données mesurées aux points récepteurs (camion laboratoire + échantillonneurs passifs) n'ont pas été fournies aux AASQA afin d'éviter tout processus de calage.

4.6 Variables de sortie retenues pour l'intercomparaison

Les variables retenues sont les séries temporelles sur l'année 2010 au niveau du camion laboratoire ainsi que les concentrations moyennes sur chacune des 11 périodes de mesure au niveau des autres points récepteurs (transects).

4.7 Synthèse

Données fournies aux AASQA :

- Caractéristiques des rues du quartier à modéliser
- Emission horaires des rues du quartier à modéliser
- Concentrations horaires mesurées aux stations de fonds
- Valeurs des paramètres météorologiques usuels (fréquence horaire)

Données non fournies aux AASQA :

- Concentrations mesurées sur les points récepteurs (camion laboratoire + échantillonneurs passifs)

5. PARTICIPATION A L'EXERCICE

Quatre AASQA ont participé à l'exercice : AIR PACA, AIR RHONE-ALPES, LIG'AIR, ORAMIP ainsi que le LCSQA.

Les simulations ont été réalisées avec les modèles ADMS URBAN (4 simulations dénommées ADMS1 à ADMS4) et SIRANE (2 simulations dénommées SIRANE1 et SIRANE2).

6. HYPOTHESES RETENUES POUR LES MODELISATIONS

Les participants à l'exercice devaient également fournir une fiche synthétique des hypothèses retenues pour les modélisations. Les fiches reçues par le LCSQA sont fournies en ANNEXE 1.

6.1 Remarques sur les hypothèses retenues pour les simulations ADMS

Quelques différences dans les hypothèses retenues pour les simulations avec ADMS sont mises ici en relief :

- Concernant les paramètres de site, **les valeurs de rugosité** retenues varient de 0.5m à 1m. Ce paramètre étant identifié comme un paramètre sensible des modélisations, ces différences sont de nature à modifier le calcul des concentrations.
- Les données météorologiques d'entrée retenues pour les simulations sont comparables pour les simulations ADMS 2, ADMS 3 et ADMS 4. **Les simulations ADMS 4 montrent cependant l'utilisation de données de nébulosité supplémentaires** acquises sur une autre station météorologique afin de remplacer les données manquantes de la station de Courcy.
- Les données de pollution de fond utilisée en entrée des modèles sont reconstruites à partir de plusieurs stations de fond. Cette reconstruction est différente pour chacune des simulations ADMS.

6.2 Remarques sur les hypothèses retenues pour les simulations SIRANE

Les principales différences entre les deux simulations sont dues à l'utilisation de versions différentes de SIRANE. La version employée est plus récente pour les simulations SIRANE 1.

La hauteur de déplacement du site (8m pour les simulations SIRANE 1 et 13m pour les simulations SIRANE 2) est également un paramètre sensible de la modélisation avec SIRANE.

7. PRESENTATION DES RESULTATS ET ANALYSE

Les résultats des simulations sont comparés aux concentrations mesurées à la **station trafic de la rue de Venise** pour les polluants NO₂ (Figure 5, Figure 6 et Figure 7) et PM₁₀ (Figure 8, Figure 9 et Figure 10). Les indicateurs statistiques calculés et les représentations graphiques sont issus du fichier de comparaison modèle-mesure proposé par le LCSQA (<http://www.lcsqa.org/pollution-proximite>) et du Delta tool, outil d'évaluation des modélisations du JRC (<http://www.lcsqa.org/delta-tool-outil-evaluation-modelisations>). Pour la signification des statistiques, on se référera à la documentation associée. Le détail des résultats de l'évaluation pour chacune des simulations est fourni en ANNEXE 2 pour le NO₂ et en ANNEXE 3 pour les PM₁₀.

LCSQA Comparaison Modèle Mesure à Venise pour le NO2

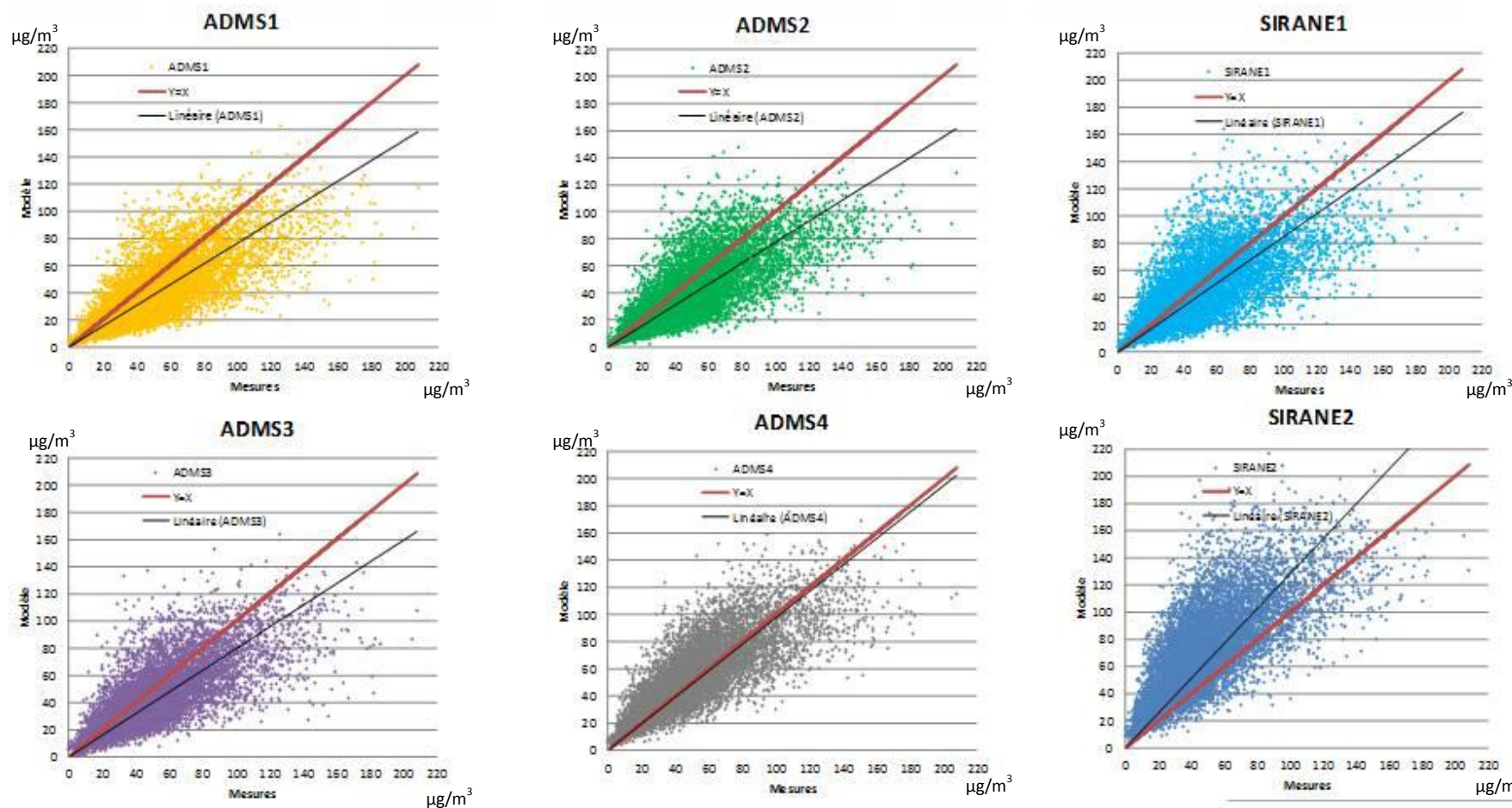


Figure 5 : Comparaison des concentrations horaires modélisées aux concentrations horaires mesurées pour chacun des modèles pour le polluant NO2.

	MODELES					
	ADMS1	ADMS2	ADMS3	ADMS4	SIRANE1	SIRANE2
Biais moyen (µg/m ³)	-9,64	-8,47	-7,36	2,70	-3,51	22,25
Biais fractionnel	-0,21	-0,18	-0,14	0,09	-0,05	0,40
Erreur absolue norm. Moyenne (%)	30,68	32,14	31,86	33,19	36,35	72,93
RMSE (µg/m ³)	21,67	21,97	21,33	18,39	22,47	33,29
NMSE (%)	21,15	22,50	20,64	14,18	21,94	39,54
FAC2	0,88	0,87	0,89	0,94	0,88	0,74
coefficient de corrélation	0,76	0,74	0,74	0,80	0,69	0,72

Titre présentation

Figure 6 : Comparaison des indicateurs statistiques calculés rue de Venise pour le NO₂.

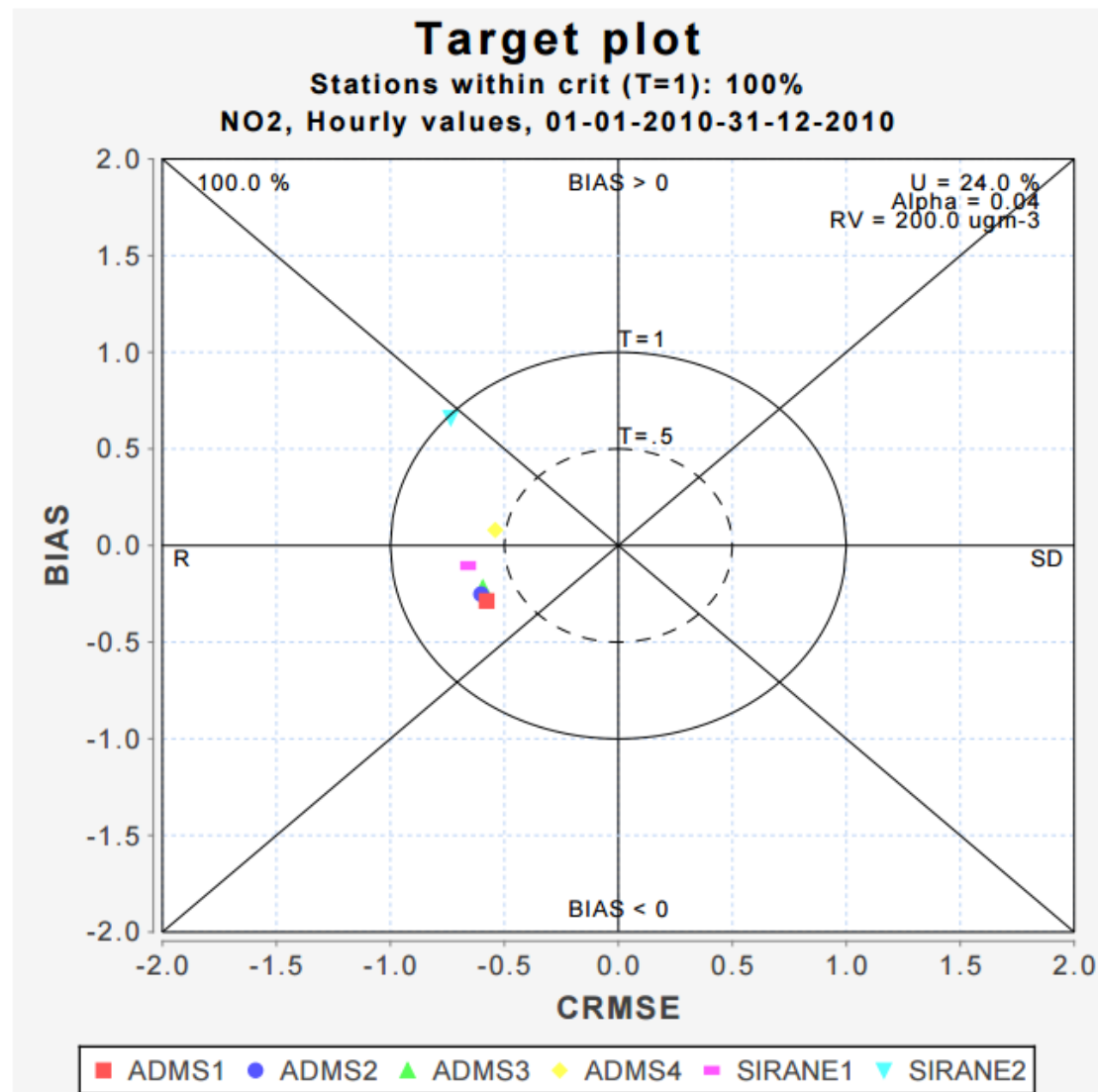


Figure 7 : Target plot des 6 simulations pour le NO2, données horaires sur l'année 2010

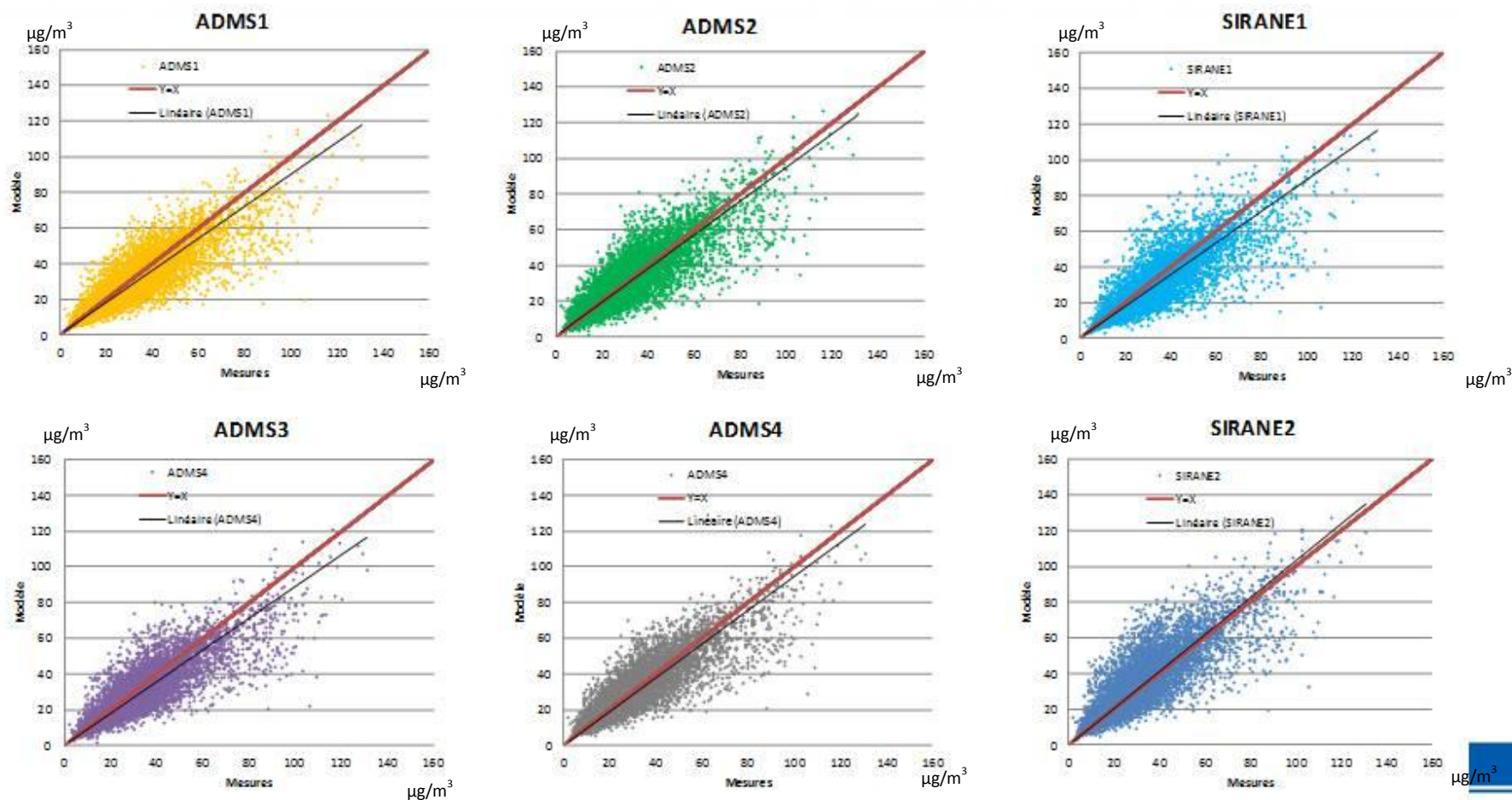


Figure 8 : Comparaison des concentrations horaires modélisées aux concentrations horaires mesurées pour chacun des modèles pour le polluant PM10.

	MODELES					
	ADMS1	ADMS2	ADMS3	ADMS4	SIRANE1	SIRANE2
Biais moyen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-1,80	-0,32	-2,19	-0,35	-2,29	2,54
Biais fractionnel	-0,04	-0,01	-0,06	0,01	-0,07	0,08
Erreur absolue norm. Moyenne (%)	19,88	24,25	20,16	20,66	20,51	26,52
RMSE ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	9,46	9,84	9,54	9,02	10,21	10,68
NMSE (%)	7,83	10,12	8,43	7,36	9,09	10,06
FAC2	0,97	0,97	0,97	0,98	0,97	0,96
coefficient de corrélation	0,84	0,83	0,84	0,86	0,82	0,82

Titre présentation

Figure 9 : Comparaison des indicateurs statistiques calculés rue de Venise pour le polluant PM10

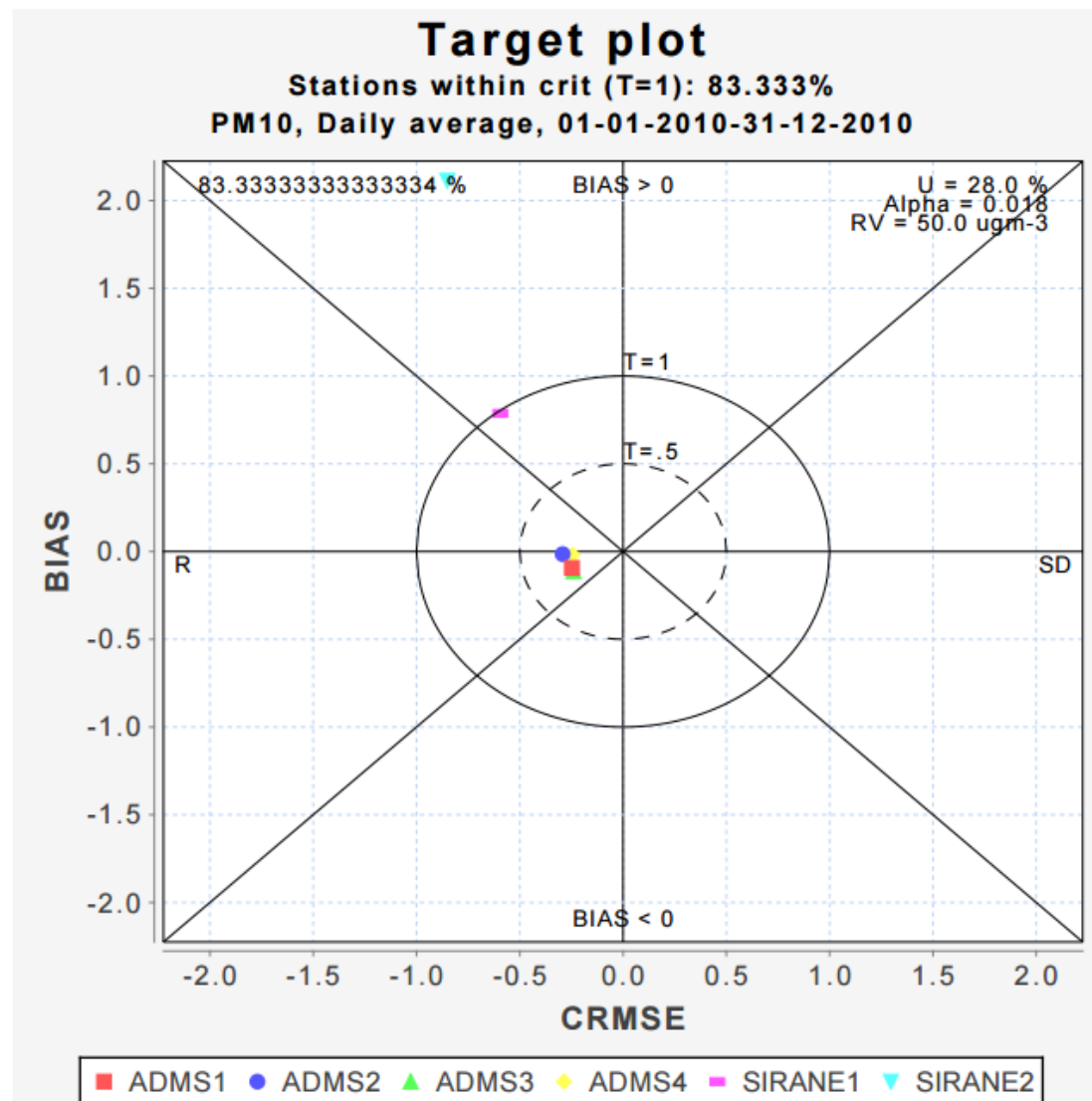


Figure 10 : Target plot des 6 simulations pour les PM10, données journalières sur l'année 2010

L'analyse de ces indicateurs permet de faire les constats suivants :

- **De manière générale, il y a peu de variabilité constatée entre les différentes simulations, ce qui constitue le premier résultat de cette étude.**
- **Pour le NO₂ et les PM₁₀, les modélisations montrent une sous-estimation systématique des concentrations**, excepté pour la simulation avec le modèle SIRANE dans sa version initiale v1.
- **Concernant le modèle ADMS pour le NO₂**, les performances des simulations ADMS1 à ADMS3 sont comparables. Les indicateurs statistiques montrent que la simulation ADMS4 reproduit de manière plus efficace les concentrations observées (biais plus faible, corrélation plus élevée). **La simulation ADMS4 utilise des données météorologiques qui ont été complétées, pour les périodes de données manquantes, par des valeurs de nébulosité mesurées sur une station différente de celle fournie par le LCSQA.** 100% des situations météorologiques de l'année ont ainsi été modélisées, ce qui a pour conséquence une amélioration de l'indicateur de corrélation. De plus, la stabilité atmosphérique estimée à l'aide du paramètre de nébulosité est également mieux représentée, ce qui a pour effet de diminuer les écarts entre concentrations modélisées et concentrations mesurées. Le « target plot » montre que toutes les simulations ADMS atteignent l'objectif de performance principal du Delta tool ($T < 1$).
- **Concernant le modèle SIRANE pour le NO₂**, avec seulement deux séries simulées correspondant chacune à une version différente du modèle, il n'est pas possible de dégager de conclusion générale quant aux performances relatives de ces modélisations. Les concentrations modélisées dans la simulation SIRANE1 (correspondant à la version V2 du modèle) sont significativement plus proches des observations que dans la simulation SIRANE2 (correspondant à la version V1 du modèle). Le « target plot » montre que la simulation SIRANE 1 atteint l'objectif de performance principal du Delta tool ($T < 1$) alors que la simulation SIRANE 2 est moins bonne selon ce critère ($T \sim 1$).
- **Concernant le modèle ADMS pour les PM₁₀**, la sous-estimation des modélisations est moins prononcée. **Toutes les simulations ADMS sont comparables et les indicateurs statistiques montrent des résultats de modélisation satisfaisants.** Si la chimie des aérosols n'est pas prise en compte dans ces modélisations, il est probable que son impact à cette échelle soit limité. Les pics de PM₁₀ étant plus faibles que les pics de NO₂, il était attendu que le biais soit plus faible pour ce polluant. Le « target plot » montre que toutes les simulations ADMS atteignent l'objectif de performance supérieur du Delta tool ($T < 0.5$).
- **Concernant le modèle SIRANE pour les PM₁₀**, la simulation SIRANE1 (correspondant à la version V2 du modèle) reproduit mieux les concentrations que la simulation SIRANE2 (correspondant à la version V1 du modèle). Le « target plot » montre que la simulation SIRANE 1 atteint difficilement l'objectif de performance principal du Delta tool ($T \sim 1$), ce qui n'est pas le cas de SIRANE 2 ($T >> 1$).

Les résultats de simulation sont également comparés aux données des tubes passifs NO₂ pour les 6 périodes de mesures (ANNEXE 3). Ces comparaisons montrent des **valeurs mesurées aux tubes nettement plus importantes que les résultats de simulation**. En pratique un réajustement des valeurs mesurées aux tubes peut être effectué après comparaison avec les valeurs mesurées au point d'une station automatique ou mobile. Cependant, le point d'ajustement disponible (Rue de Venise) montre un biais moyen entre valeurs mesurées aux tubes et valeurs mesurées par le camion laboratoire de 6 µg/m³. Cette valeur relativement faible pour ce point ne permet pas de combler significativement les biais constatés sur les autres tubes. Le positionnement des tubes pourrait également expliquer en partie ces différences importantes. A ce jour aucune autre explication ne peut être avancée pour expliquer ces différences importantes.

8. CONCLUSION

Ce premier exercice d'intercomparaison mené en mode aveugle sur un quartier du centre ville de Reims par des AASQA volontaires n'a pas rencontré le succès escompté en matière de participation. Il a cependant permis d'initier les AASQA à ce type d'exercice et il est donc attendu que les intercomparaisons futures rassemblent davantage de participants.

Si les conclusions de cet exercice sont limitées par le faible nombre de simulations réalisées, certains constats méritent cependant d'être considérés.

Ainsi, de manière générale, **peu de variabilité est constatée entre les différentes simulations**, ce qui constitue le premier résultat de cette étude.

Concernant le **NO₂**, les modélisations montrent une **sous-estimation systématique** des concentrations mesurées. Les meilleures simulations ont été obtenues avec des données météorologiques complétées par des valeurs de nébulosité initialement manquantes ainsi qu'avec une reconstruction sur toute l'année de la pollution de fond à l'aide des stations existantes. Il y a peu de différences constatées entre les résultats fournis par ADMS URBAN et par SIRANE (version V2).

Concernant les **PM₁₀**, les modélisations montrent une **sous-estimation** moins importante que pour le NO₂. Les biais constatés pour toutes les simulations sont faibles et l'indice de corrélation est élevé. La variabilité entre les modélisations est encore plus faible que pour le NO₂. Les différences constatées entre les résultats fournis par ADMS URBAN et par SIRANE (version V2) sont également limitées.

Les valeurs mesurées par le biais des échantillonneurs passifs en NO₂ montrent des concentrations beaucoup plus fortes que celles indiquées par les résultats de modélisation. Le réajustement des valeurs mesurées aux tubes par l'erreur constatée au point du camion laboratoire ne permet pas d'expliquer des différences aussi importantes. L'intérêt d'une comparaison des résultats de modélisation aux valeurs mesurés par ce type de capteur est ici remis en question et appelle des approfondissements ultérieurs.

9. LISTE DES ANNEXES

Annexes	Titres
Annexe 1	Hypothèses de calcul retenues par les participants
Annexe 2	Comparaison modèles/mesures en NO ₂ au point du camion laboratoire (rue de Venise)
Annexe 3	Comparaison modèles/mesures en PM ₁₀ au point du camion laboratoire (rue de Venise)
Annexe 4	Comparaison modèles/mesures en NO ₂ aux points des échantillonneurs passifs

ANNEXES

1. HYPOTHESES RETENUES POUR LES SIMULATIONS AVEC LE MODELE ADMS

1.1. Hypothèses retenues pour les simulations ADMS 1

Hypothèses retenues pour les simulations ADMS 1

Les hypothèses retenues pour les simulations ADMS1 n'ont pas été fournies au LCSQA.

1.2. Hypothèses retenues pour les simulations ADMS 2

Rugosité du site = 1m

Albédo de surface = 0.33

Paramètre de Priestley-Taylor = 1

Rugosité du site météo = 0.2

Déposition :

Activation des dépôts secs et humides

Chimie : schéma GRS.

Météorologie :

Création d'un fichier météo avec 94.1% de lignes disponibles.

Choix de la pollution de fond :

O₃, NO₂, NO, SO₂ : station "jean d'Aulan", sinon "Mairie", sinon "Tingueux", sinon -999. 95% des données viennent de "jean d'Aulan", 2% de "Tingueux". Une seule heure à des valeurs manquantes.

1.3. Hypothèses retenues pour les simulations ADMS 3

Rugosité du site = 0.5m

Albédo de surface = 0.23

Paramètre de Priestley-Taylor = 1

Rugosité du site météo = 0.2

Déposition :

Activation des dépôts secs et humides

Chimie : schéma GRS.

Météorologie :

Création d'un fichier horaire issu des données mesurées à la station de Courcy. Utilisation du rayonnement global SOLAR RAD.

Choix de la pollution de fond :

Les données mesurées ont été privilégiées. Si les données mesurées étaient absentes à une heure données pour un polluant donné elles ont été remplacées par la donnée modélisée par PREVAIR

O₃, NO₂, NO_x: station "Betheny", sinon "Mairie", sinon "Tingueux".

PM₁₀, SO₂ : valeur minimale à chaque heure entre les données mesures à la station urbaine de Mairie, Jean d'Aulan Tingueux

1.4. Hypothèses retenues pour les simulations ADMS 4

Rugosité du site = 1m

Albédo de surface = 0.23

Paramètre de Priestley-Taylor = 1

Rugosité du site météo = 0.1

Déposition :

Activation des dépôts secs et humides

Chimie : schéma GRS.

Météorologie :

Récupération de données supplémentaires pour la nébulosité à Charleville Mézière (75km du site). Reconstitution des données sur toute l'année.

Choix de la pollution de fond :

NO₂, NO : station "Mairie",

PM₁₀, O₃ : station "Tingueux"

PM_{2.5} : station "Jean d'Aulan"

Reconstruction de l'ensemble des données manquantes

2. HYPOTHESES RETENUES POUR LES SIMULATIONS AVEC LE MODELE SIRANE

2.1. Hypothèses SIRANE1

Modèle : SIRANE V2

Version du modèle : SIRANE2-2011-06-22

Période simulée : chaque heure de l'année 2010

Météorologie : données de l'année 2010 : reconstituons des pas de temps manquant par interpolation linéaire ou duplication du jour précédent lorsqu'il y a de grands trous.

Prise en compte des précipitations [0/1] = 1

Pollution de fond : Tingueux (reconstitué comme la météo)

Autres paramètres :

Hauteur de réflexion des bouffées [m] = 20.0

Rugosité aérodynamique du site de dispersion [m] = 0.9

Épaisseur de déplacement du site de dispersion [m] = 13.0

Rugosité aérodynamique du site météo [m] = 0.1

Épaisseur de déplacement du site météo [m] = 0.0

Albédo du site de dispersion = 0.1873

Albédo du site météo = 0.1873

Vitesse du vent minimale [m/s] = 1.0

2.2. Hypothèses SIRANE2

Modèle : SIRANE V1

Version du modèle : SIRANE1-2008-10-31

Période simulée : chaque heure de l'année 2010

Météorologie : données de l'année 2010 : reconstitutions des pas de temps manquant par interpolation linéaire ou duplication du jour précédent lorsqu'il y a de grands trous.

Prise en compte des précipitations [0/1] = 1

Pollution de fond : Mairie +régression linéaire Betheny pour combler les trous

Autres paramètres :

Rugosité aérodynamique du quartier [m] = 1.0

Épaisseur de déplacement du quartier [m] = 8.0

Rugosité aérodynamique du site de mesure [m] = 0.1

Épaisseur de déplacement du site de mesure [m] = 1.0

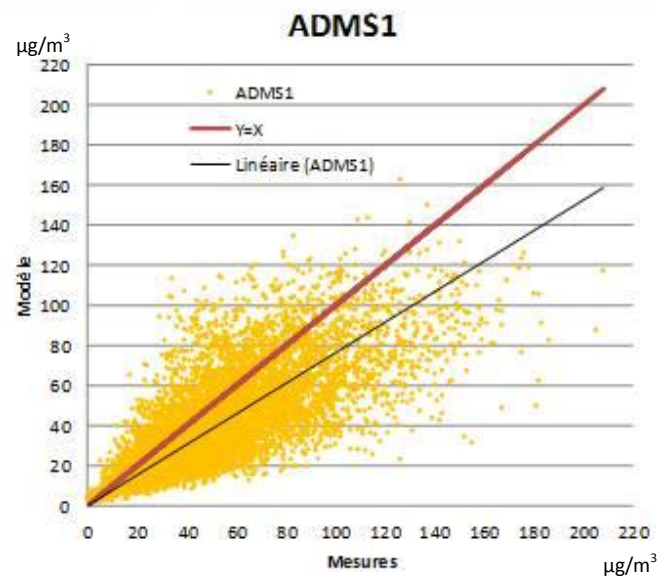
Hauteur moyenne des bâtiments [m] = 17.0

Albedo = 0.23

Longueur de Monin-Obukhov minimale [m] = 30.0

Vitesse du vent minimale [m/s] = 0.75

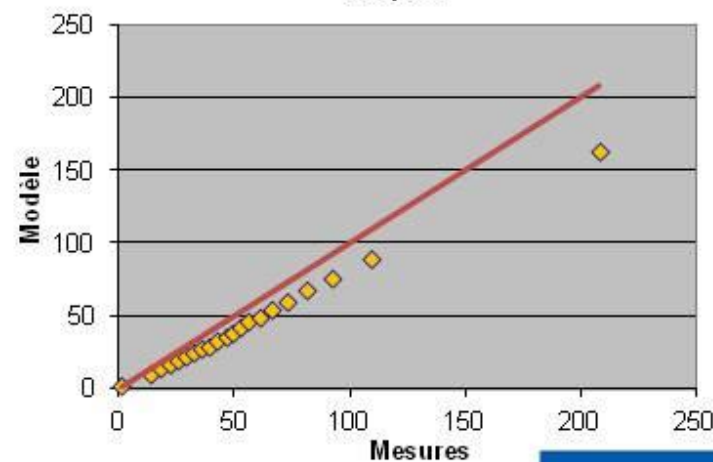
ANNEXE 2 COMPARAISON MODELES/MESURES EN NO2 AU POINT DU CAMION LABORATOIRE (RUE DE VENISE)



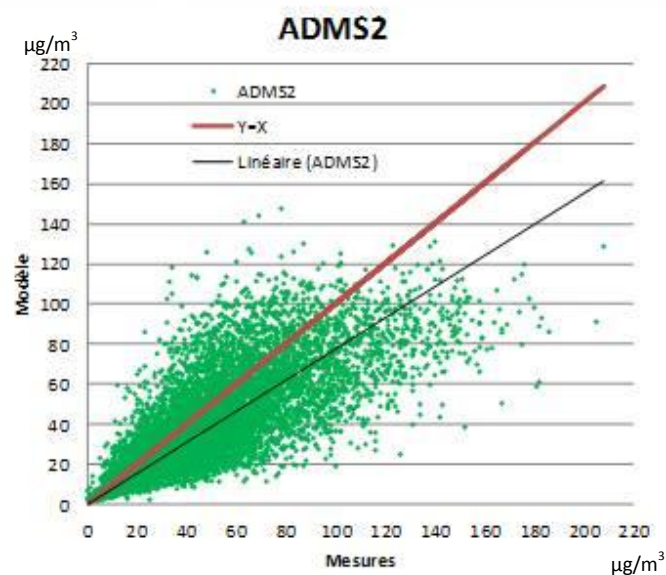
	Mesure	Modèle
Minimum	1,00	2,41
Maximum	208,00	163,34
Moyenne	50,73	40,99
P95	109,00	89,67
P5	13,00	10,51
Ecart type	29,85	24,43

Biais moyen	-9,64
Biais fractionnel	-0,21
Erreur absolue norm. moyenne	30,68
RMSE	21,67
NMSE	21,15
FAC2	0,88
coefficient de corrélation	0,76

QQplot



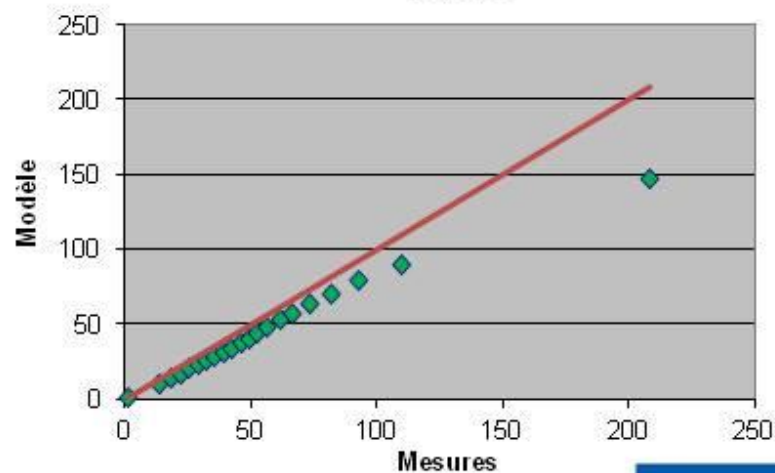
Titre présentation



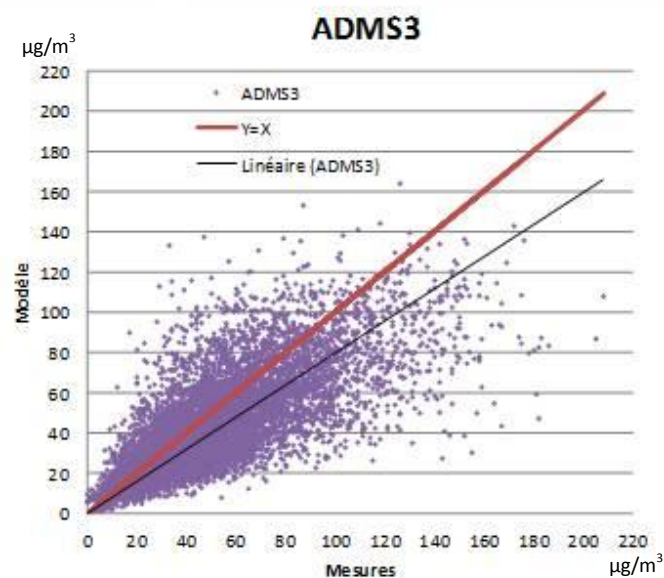
	Mesure	Modèle
Minimum	1,00	1,45
Maximum	208,00	147,43
Moyenne	50,73	42,37
P95	109,00	89,65
P5	13,00	10,35
Ecart type	29,85	24,62

Biais moyen	-8,47
Biais fractionnel	-0,18
Erreur absolue norm. moyenne	32,14
RMSE	21,97
NMSE	22,50
FAC2	0,87
coefficient de corrélation	0,74

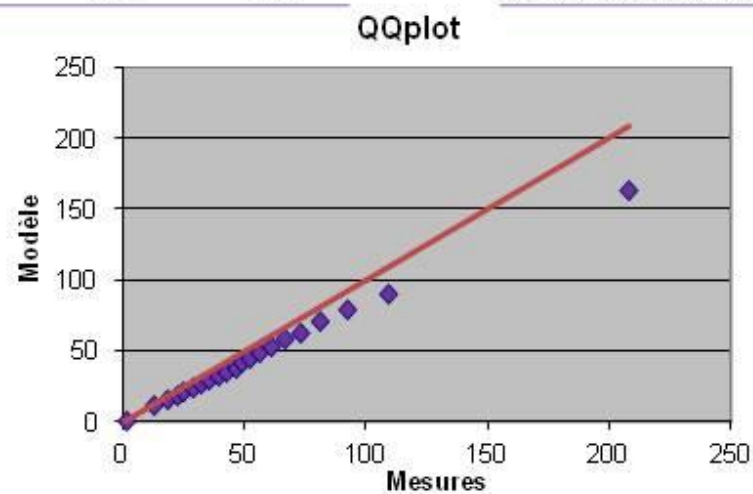
QQplot



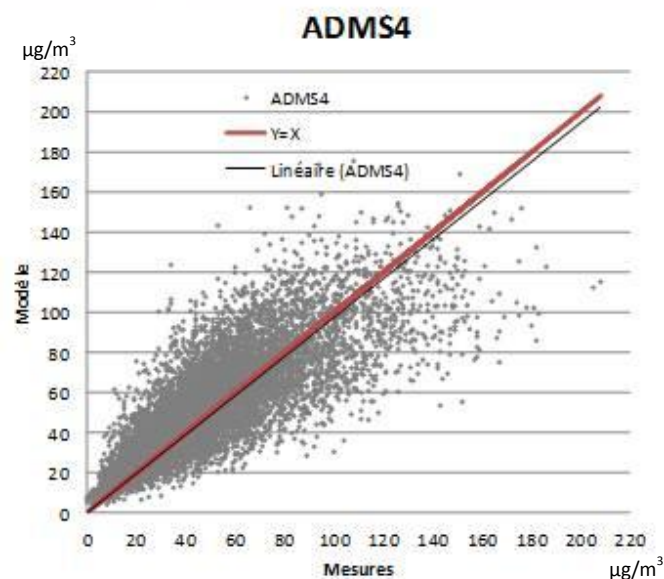
Titre présentation



	Mesure	Modèle		
Minimum	1,00	0,73	Biais moyen	-7,36
Maximum	208,00	163,77	Biais fractionnel	-0,14
Moyenne	50,73	43,52	Erreur absolue norm. moyenne	31,86
P95	109,00	90,93	RMSE	21,33
P5	13,00	11,55	NMSE	20,64
Ecart type	29,85	24,74	FAC2	0,89
			coefficient de corrélation	0,74



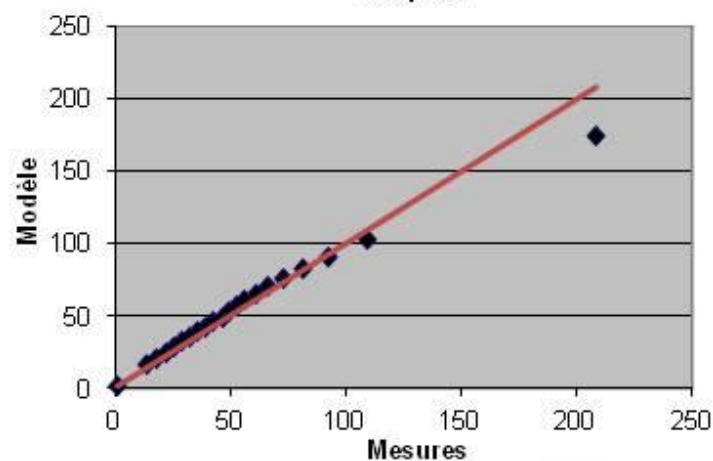
Titre présentation



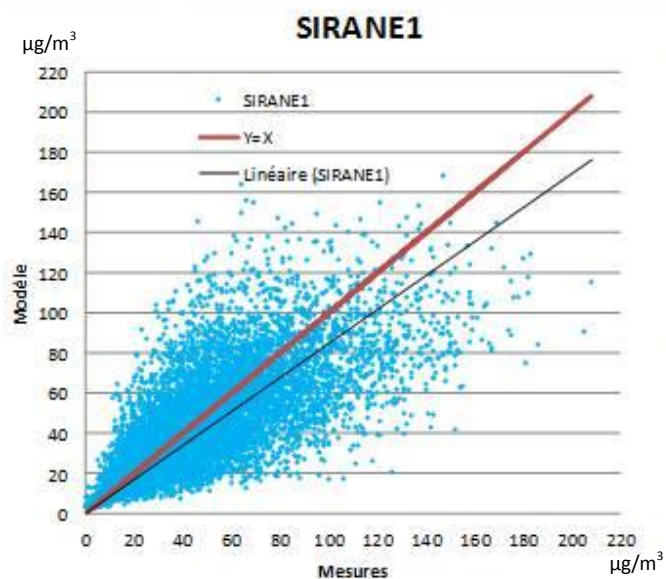
	Mesure	Modèle
Minimum	1,00	2,59
Maximum	208,00	175,16
Moyenne	50,73	53,50
P95	109,00	103,74
P5	13,00	16,35
Ecart type	29,85	27,11

Biais moyen	2,70
Biais fractionnel	0,09
Erreur absolue norm. moyenne	33,19
RMSE	18,39
NMSE	14,18
FAC2	0,94
coefficient de corrélation	0,80

QQplot



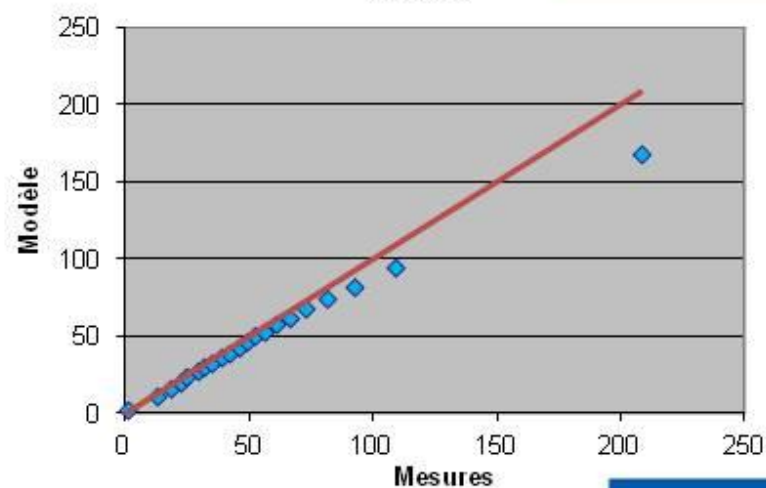
Titre présentation



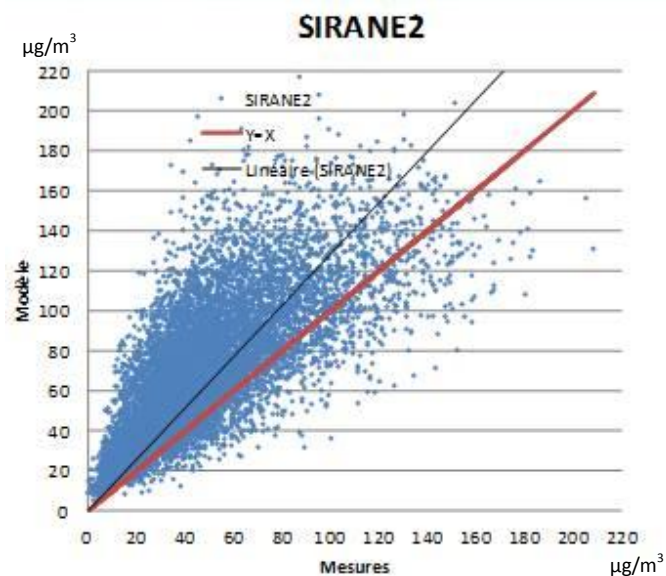
	Mesure	Modèle
Minimum	1,00	2,76
Maximum	208,00	168,16
Moyenne	50,73	47,28
P95	109,00	94,86
P5	13,00	12,26
Ecart type	29,85	26,00

Biais moyen	-3,51
Biais fractionnel	-0,05
Erreur absolue norm. moyenne	36,35
RMSE	22,47
NMSE	21,94
FAC2	0,88
coefficient de corrélation	0,69

QQplot



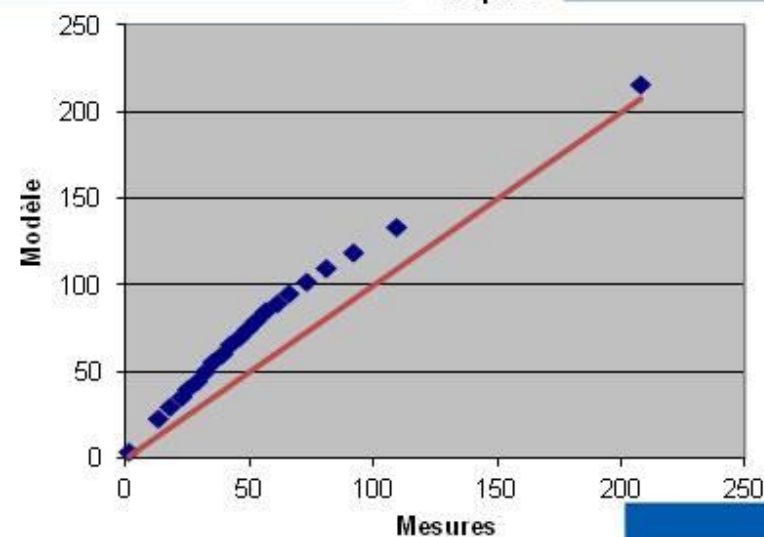
Titre présentation



	Mesure	Modèle
Minimum	1,00	3,71
Maximum	208,00	216,69
Moyenne	50,73	72,88
P95	109,00	134,28
P5	13,00	22,92
Ecart type	29,85	34,56

QQplot

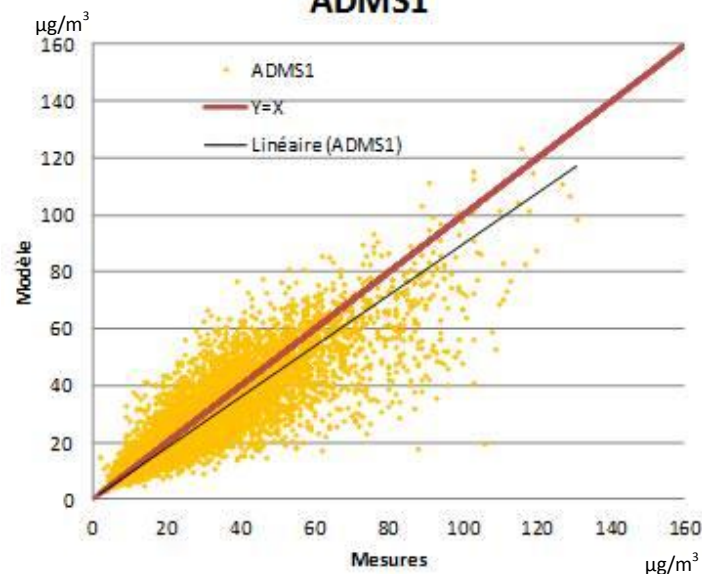
Biais moyen	22,25
Biais fractionnel	0,40
Erreur absolue norm. moyenne	72,93
RMSE	33,29
NMSE	39,54
FAC2	0,74
coefficient de corrélation	0,72



Titre présentation

ANNEXE 3 COMPARAISON MODELES/MESURES EN PM_{10} AU POINT DU CAMION LABORATOIRE (RUE DE VENISE)

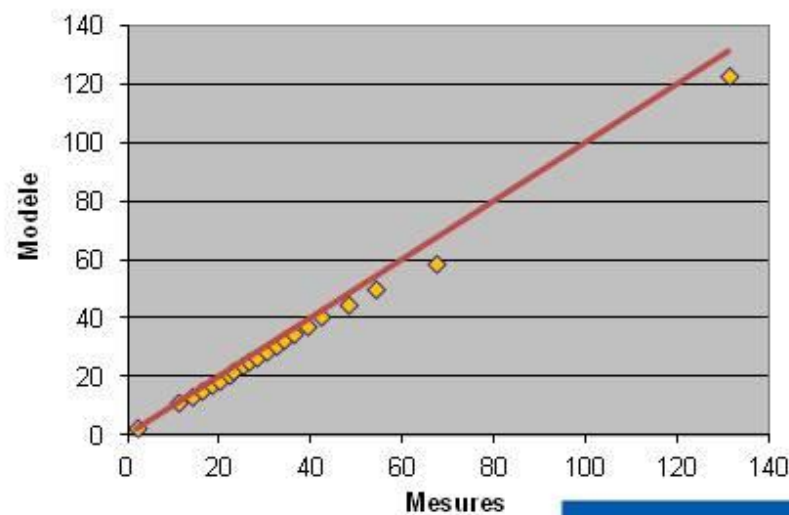
ADMS1



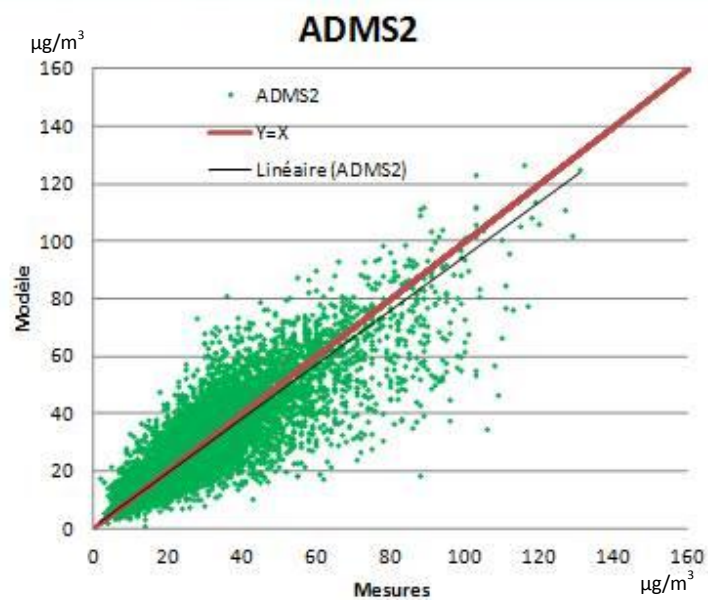
	Mesure	Modèle
Minimum	2,00	2,88
Maximum	131,00	123,24
Moyenne	31,87	30,13
P95	67,00	58,87
P5	11,00	11,36
Ecart type	17,33	14,98

QQplot

Biais moyen	-1,80
Biais fractionnel	-0,04
Erreur absolue norm. moyenne	19,88
RMSE	9,46
NMSE	7,83
FAC2	0,97
coefficient de corrélation	0,84



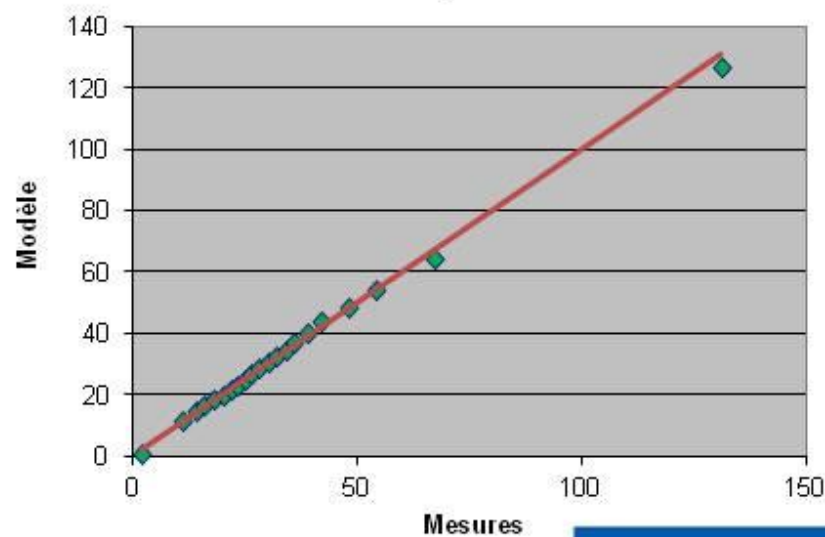
Titre présentation



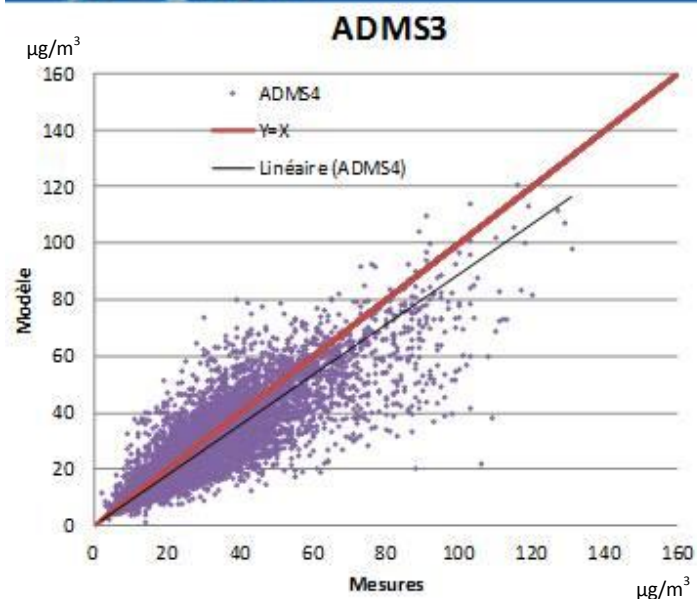
	Mesure	Modèle
Minimum	2,00	0,73
Maximum	131,00	126,45
Moyenne	31,87	31,68
P95	67,00	63,86
P5	11,00	11,46
Ecart type	17,33	16,44

QQplot

Biais moyen	-0,32
Biais fractionnel	-0,01
Erreur absolue norm. moyenne	24,25
RMSE	9,84
NMSE	10,12
FAC2	0,97
coefficient de corrélation	0,83



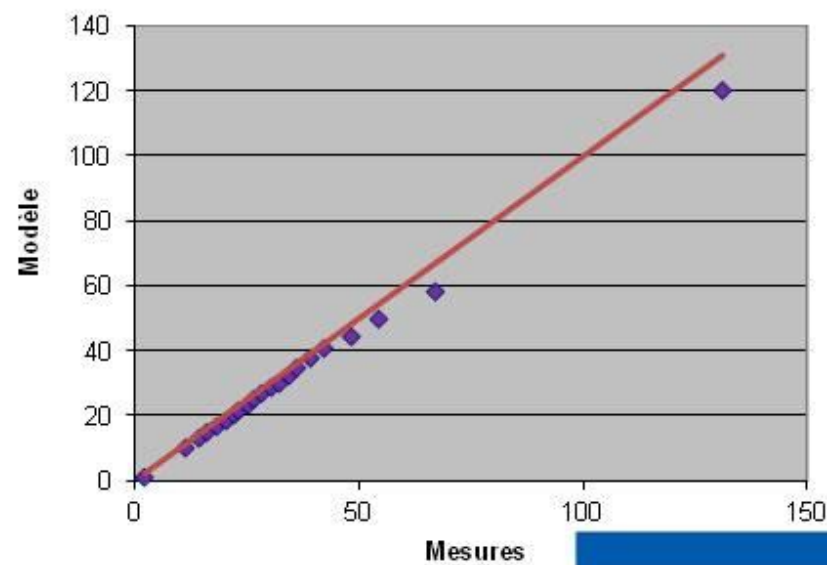
Titre présentation



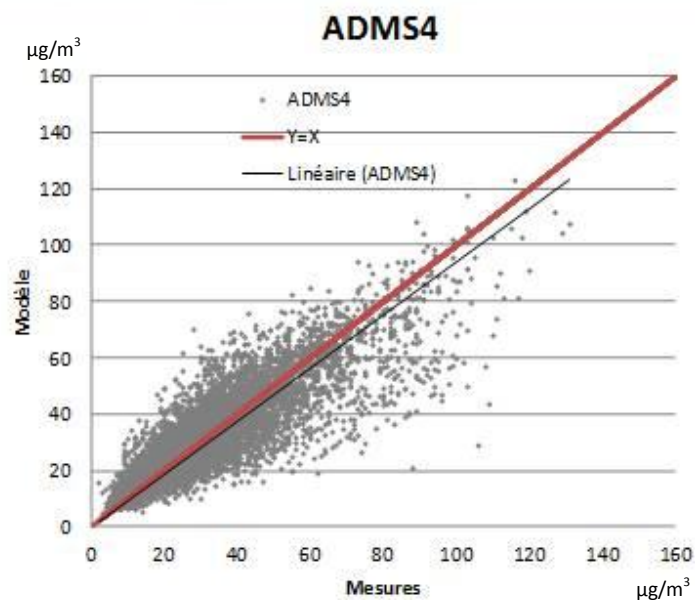
	Mesure	Modèle
Minimum	2,00	1,13
Maximum	131,00	120,40
Moyenne	31,87	29,82
P95	67,00	58,62
P5	11,00	10,71
Ecart type	17,33	15,09

QQplot

Biais moyen	-2,19
Biais fractionnel	-0,06
Erreur absolue norm. moyenne	20,16
RMSE	9,54
NMSE	8,43
FAC2	0,97
coefficient de corrélation	0,84

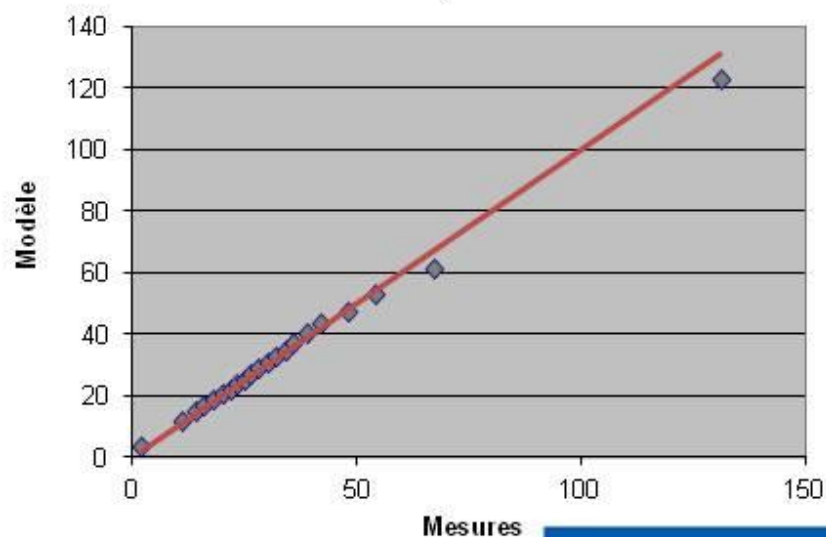


Titre présentation

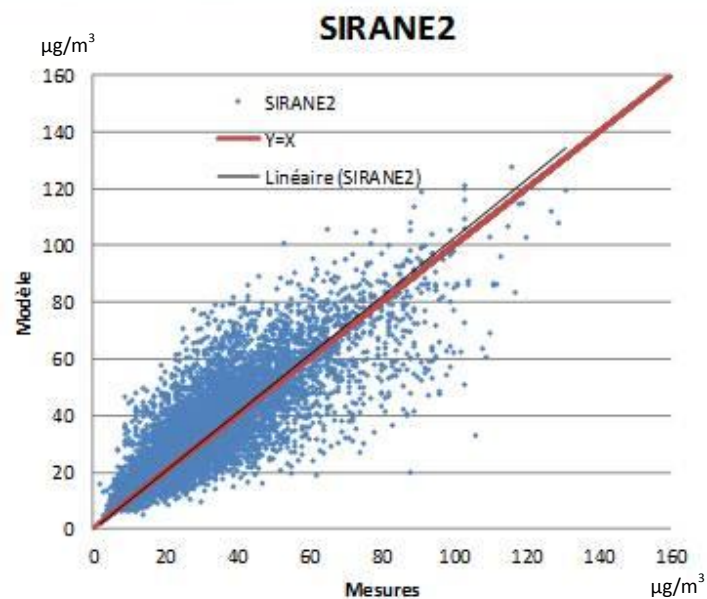


	Mesure	Modèle		
Minimum	2,00	3,22	Biais moyen	-0,35
Maximum	131,00	122,59	Biais fractionnel	0,01
Moyenne	31,87	31,63	Erreur absolue norm. moyenne	20,66
P95	67,00	61,23	RMSE	9,02
P5	11,00	11,89	NMSE	7,36
Ecart type	17,33	15,60	FAC2	0,98
			coefficient de corrélation	0,86

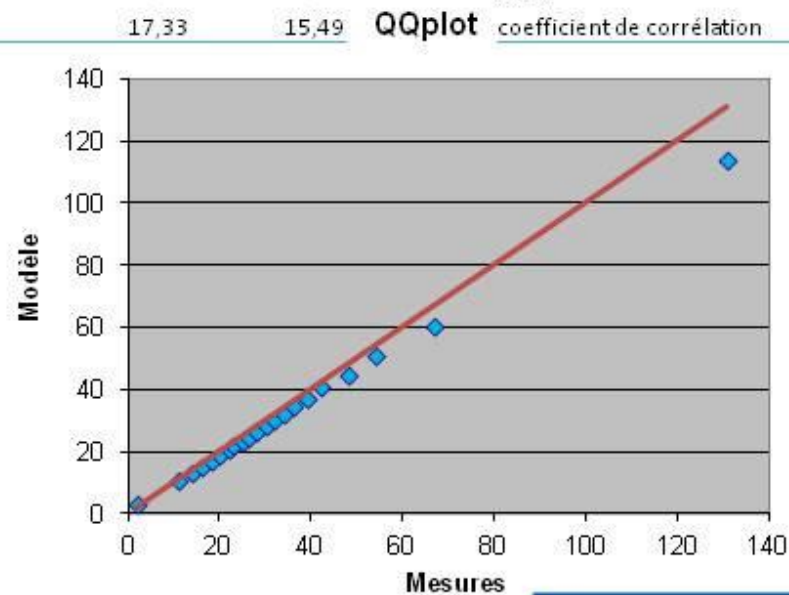
QQplot



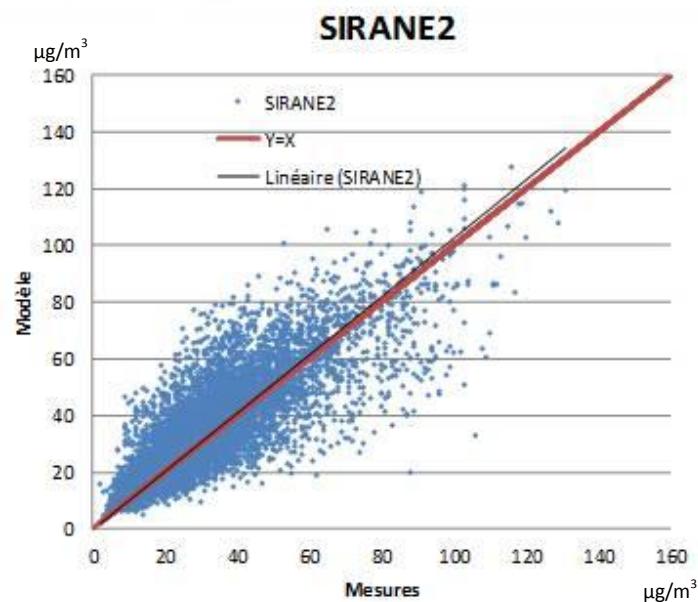
Titre présentation



	Mesure	Modèle		
Minimum	2,00	3,20	Biais moyen	-2,29
Maximum	131,00	113,98	Biais fractionnel	-0,07
Moyenne	31,87	29,72	Erreur absolue norm. moyenne	20,51
P95	67,00	60,20	RMSE	10,21
P5	11,00	10,61	NMSE	9,09
Ecart type	17,33	15,49	FAC2	0,97
			coefficient de corrélation	0,82



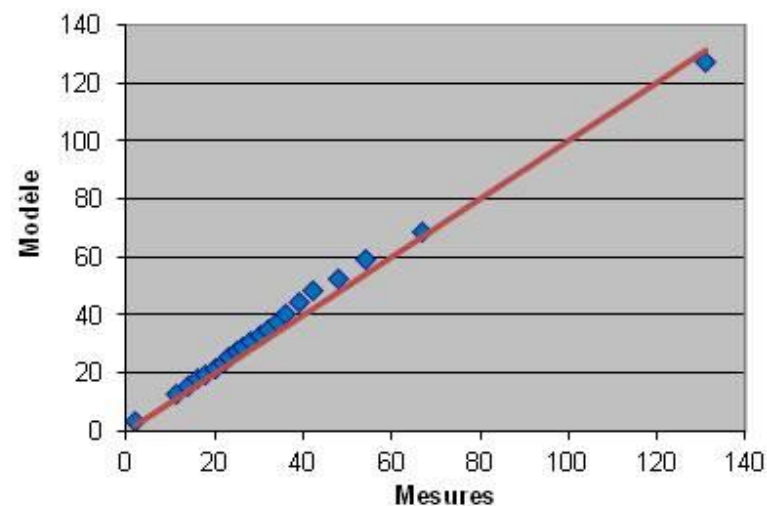
Titre présentation



	Mesure	Modèle
Minimum	2,00	3,37
Maximum	131,00	127,33
Moyenne	31,87	34,53
P95	67,00	68,55
P5	11,00	12,54
Ecart type	17,33	17,53

Biais moyen	2,54
Biais fractionnel	0,08
Erreur absolue norm. moyenne	26,52
RMSE	10,68
NMSE	10,06
FAC2	0,96
coefficient de corrélation	0,82

QQplot



Titre présentation

	MODELES					
	V10_ADMS1	V10_ADMS2	V10_ADMS3	V10_ADMS4	V10_SIRANE1	V10_SIRANE2
Biais moyen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-23,01	-21,16	-22,67	-11,64	-26,15	#
Biais fractionnel	-0,60	-0,54	-0,59	-0,26	-0,71	#
Erreur absolue norm. Moyenne (%)	44,52	40,98	44,05	22,39	50,52	#
RMSE ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	25,10	23,55	24,31	13,99	28,42	#
NMSE (%)	52,22	42,47	45,36	10,23	81,43	#
FAC2	0,55	0,55	0,55	1,00	0,55	#
coefficient de corrélation	0,37	0,28	0,48	0,64	0,22	#

Titre présentation



	MODELES					
	V11_ADMS1	V11_ADMS2	V11_ADMS3	V11_ADMS4	V11_SIRANE1	V11_SIRANE2
Biais moyen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-30,79	-25,69	-27,34	-17,45	-38,40	#
Biais fractionnel	-0,59	-0,47	-0,51	-0,30	-0,80	#
Erreur absolue norm. Moyenne (%)	44,67	36,72	39,56	25,25	56,17	#
RMSE ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	32,91	28,22	29,30	19,38	40,20	#
NMSE (%)	47,11	29,36	32,76	10,75	91,88	#
FAC2	0,50	0,90	0,90	1,00	0,30	#
coefficient de corrélation	0,36	0,33	0,47	0,69	0,31	#

Titre présentation

	MODELES					
	V11_ADMS1	V11_ADMS2	V11_ADMS3	V11_ADMS4	V11_SIRANE1	V11_SIRANE2
Biais moyen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-24,78	-25,14	-27,17	-16,90	-26,60	#
Biais fractionnel	-0,63	-0,65	-0,71	-0,38	-0,69	#
Erreur absolue norm. Moyenne (%)	46,71	47,56	51,49	30,84	49,86	#
RMSE ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	27,72	27,66	29,71	20,77	29,93	#
NMSE (%)	54,94	57,46	68,98	21,27	72,86	#
FAC2	0,45	0,45	0,45	0,82	0,55	#
coefficient de corrélation	0,43	0,52	0,46	0,47	0,27	#

Titre présentation

	MODELES					
	V11_ADMS1	V11_ADMS2	V11_ADMS3	V11_ADMS4	V11_SIRANE1	V11_SIRANE2
Biais moyen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-11,55	-8,21	-10,69	0,27	-12,31	#
Biais fractionnel	-0,35	-0,23	-0,31	0,01	-0,38	#
Erreur absolue norm. Moyenne (%)	34,29	30,21	33,83	22,55	36,04	#
RMSE ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	15,98	13,21	14,76	9,68	17,32	#
NMSE (%)	27,20	16,41	20,96	7,58	34,60	#
FAC2	0,73	1,00	0,91	1,00	0,73	#
coefficient de corrélation	0,26	0,30	0,33	0,47	0,10	#

Titre présentation



	MODELES					
	V11_ADMS1	V11_ADMS2	V11_ADMS3	V11_ADMS4	V11_SIRANE1	V11_SIRANE2
Biais moyen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-29,03	-21,36	-24,31	-16,15	-19,03	#
Biais fractionnel	-0,80	-0,54	-0,62	-0,37	-0,46	#
Erreur absolue norm. Moyenne (%)	56,77	42,03	47,47	31,08	37,25	#
RMSE ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	29,62	22,22	24,90	17,03	19,94	#
NMSE (%)	76,92	35,06	44,36	15,66	25,04	#
FAC2	0,00	0,83	0,67	1,00	0,83	#
coefficient de corrélation	0,81	0,71	0,85	0,79	0,72	#

Titre présentation



	MODELES					
	V11_ADMS1	V11_ADMS2	V11_ADMS3	V11_ADMS4	V11_SIRANE1	V11_SIRANE2
Biais moyen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-12,41	-8,08	-10,86	-2,14	-13,87	#
Biais fractionnel	-0,40	-0,24	-0,33	-0,03	-0,46	#
Erreur absolue norm. Moyenne (%)	31,38	23,38	29,44	18,11	37,22	#
RMSE ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	15,45	12,52	14,02	8,06	17,18	#
NMSE (%)	24,53	14,41	17,98	4,90	32,63	#
FAC2	0,83	0,83	0,83	1,00	0,83	#
coefficient de corrélation	0,42	0,42	0,50	0,66	0,21	#

Titre présentation



	MODELES					
	V11_ADMS1	V11_ADMS2	V11_ADMS3	V11_ADMS4	V11_SIRANE1	V11_SIRANE2
Biais moyen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-15,17	-13,77	-12,38	-1,89	-9,64	#
Biais fractionnel	-0,32	-0,29	-0,25	-0,03	-0,19	#
Erreur absolue norm. Moyenne (%)	26,75	23,95	22,88	11,04	18,53	#
RMSE ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	17,43	16,34	13,83	7,21	13,46	#
NMSE (%)	15,58	12,52	8,92	1,76	7,56	#
FAC2	0,91	1,00	1,00	1,00	1,00	#
coefficient de corrélation	0,62	0,57	0,79	0,75	0,49	#

Titre présentation

	MODELES					
	V11_ADMS1	V11_ADMS2	V11_ADMS3	V11_ADMS4	V11_SIRANE1	V11_SIRANE2
Biais moyen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-20,50	-13,83	-16,93	#	-20,46	#
Biais fractionnel	-0,41	-0,26	-0,33	-0,32	-0,41	#
Erreur absolue norm. Moyenne (%)	33,47	22,28	27,51	27,14	32,78	#
RMSE ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	21,84	15,71	18,28	22,14	22,43	#
NMSE (%)	22,24	9,99	13,92	12,49	21,58	#
FAC2	0,91	1,00	0,91	1,00	1,00	#
coefficient de corrélation	0,67	0,68	0,71	0,72	0,44	#

Titre présentation

	MODELES					
	V11_ADMS1	V11_ADMS2	V11_ADMS3	V11_ADMS4	V11_SIRANE1	V11_SIRANE2
Biais moyen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-23,95	-23,50	-26,87	-11,39	-26,82	#
Biais fractionnel	-0,58	-0,56	-0,67	-0,24	-0,67	#
Erreur absolue norm. Moyenne (%)	44,11	43,14	49,58	21,22	49,31	#
RMSE ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	24,63	23,97	27,28	12,18	27,51	#
NMSE (%)	41,73	36,73	54,47	6,97	56,50	#
FAC2	0,73	0,73	0,45	1,00	0,64	#
coefficient de corrélation	0,74	0,78	0,81	0,87	0,69	#

Titre présentation



	MODELES					
	V11_ADMS1	V11_ADMS2	V11_ADMS3	V11_ADMS4	V11_SIRANE1	V11_SIRANE2
Biais moyen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-27,21	-24,66	-27,26	-16,12	-28,18	#
Biais fractionnel	-0,64	-0,55	-0,63	-0,32	-0,65	#
Erreur absolue norm. Moyenne (%)	48,27	42,97	47,22	27,32	48,69	#
RMSE ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	28,13	25,18	28,16	17,76	29,43	#
NMSE (%)	50,56	34,07	46,80	13,19	53,22	#
FAC2	0,55	0,91	0,64	0,91	0,45	#
coefficient de corrélation	0,77	0,92	0,78	0,75	0,65	#

Titre présentation



	MODELES					
	V18_ADMS1	V18_ADMS2	V18_ADMS3	V18_ADMS4	V18_SIRANE1	V11_SIRANE2
Biais moyen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-16,53	-13,46	-15,98	-4,40	-13,00	#
Biais fractionnel	-0,47	-0,36	-0,44	-0,11	-0,34	#
Erreur absolue norm. Moyenne (%)	37,14	30,16	35,47	10,49	28,91	#
RMSE ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	17,15	13,90	16,75	7,05	13,80	#
NMSE (%)	26,38	15,10	23,47	2,97	14,00	#
FAC2	0,91	1,00	0,91	1,00	1,00	#
coefficient de corrélation	0,85	0,91	0,80	0,79	0,83	#

Titre présentation

	MODELES					
	V18_ADMS1	V18_ADMS2	V18_ADMS3	V18_ADMS4	V18_SIRANE1	V11_SIRANE2
Biais moyen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-25,07	-28,68	-32,39	-13,64	-16,83	#
Biais fractionnel	-0,61	-0,74	-0,85	-0,30	-0,37	#
Erreur absolue norm. Moyenne (%)	46,10	52,94	59,15	25,39	30,98	#
RMSE ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	25,30	28,90	32,64	14,03	17,41	#
NMSE (%)	45,61	74,08	97,17	10,48	16,92	#
FAC2	0,67	0,67	0,00	1,00	1,00	#
coefficient de corrélation	0,89	0,92	0,78	0,94	0,82	#

Titre présentation



	MODELES					
	V18_ADMS1	V18_ADMS2	V18_ADMS3	V18_ADMS4	V18_SIRANE1	V11_SIRANE2
Biais moyen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-25,66	-21,65	-24,50	-14,27	-24,63	#
Biais fractionnel	-0,70	-0,55	-0,65	-0,34	-0,66	#
Erreur absolue norm. Moyenne (%)	50,80	42,37	48,19	27,90	49,06	#
RMSE ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	26,28	22,51	25,26	15,93	25,00	#
NMSE (%)	63,72	38,59	54,35	17,38	55,75	#
FAC2	0,45	0,73	0,73	0,91	0,55	#
coefficient de corrélation	0,73	0,61	0,65	0,62	0,85	#

Titre présentation



	MODELES					
	V18_ADMS1	V18_ADMS2	V18_ADMS3	V18_ADMS4	V18_SIRANE1	V11_SIRANE2
Biais moyen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-8,00	-17,40	-19,67	-1,24	-1,77	#
Biais fractionnel	-0,23	-0,51	-0,59	-0,03	-0,04	#
Erreur absolue norm. Moyenne (%)	19,16	39,64	44,48	10,87	9,89	#
RMSE ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	9,94	18,33	20,94	7,39	6,25	#
NMSE (%)	8,70	31,95	44,26	2,84	1,69	#
FAC2	1,00	0,82	0,64	1,00	1,00	#
coefficient de corrélation	0,78	0,73	0,59	0,62	0,70	#

Titre présentation

