



Qualité de l'air

Études

Octobre 2010



PLATE-FORME DE MODELISATION DES PM SURVEILLANCE ET PREVISION DES PM DANS LA REGION DE L'ETANG DE BERRE ET L'OUEST DES BOUCHES-DU-RHONE

MISES A JOUR 2010

En collaboration avec
NUMTECH



Association pour la Surveillance de la Qualité de l'Air de la Région de l'Etang de Berre et de l'Ouest des Bouches-du-Rhône

Route de la Vierge - 13 500 Martigues - Tel. 04 42 13 01 20 - Fax. 04 42 13 01 29

Site internet: www.airfobep.org - e-mail : airfobep@airfobep.org

Serveur vocal 04 42 49 35 35 (selon tarification téléphonique en vigueur)



■ Table des matières

1. Objet de l'étude	4
2. Hypothèses de modélisation et initialisation météorologique	6
2.1. Options de modélisation utilisées.....	6
2.2. Définition des grilles	7
2.3. Emissions.....	9
2.4. Météorologie	11
3. Pollution de fond et du biais	21
3.1. Pollution de fond	21
3.2. Biais	24
4. Cartes analysées	27
4.1. Interpolation des champs de concentration sur une grille régulière	27
4.2. Assimilation des données de mesures.....	27
5. Interface de contrôle, calculs statistiques et performances de la plate-forme	31
5.1. Interface de contrôle	31
5.2. Calculs statistiques	33
5.3. Performances de la plate-forme	37
6. Description de la plate-forme opérationnelle et de son fonctionnement	43
6.1. Architecture du système.....	43
6.2. Principe de fonctionnement.....	45
6.3. Applicatif NUMTECH.....	54
6.4. Mode automatique, relance automatique, et forçage des calculs.....	55
6.5. Configuration de l'outil de calcul PM	57
6.6. Arbres de décision et indices de confiance	65
7. Conclusions	70
Table des figures	71
Table des tableaux	72

Objet de l'étude



1. Objet de l'étude

AIRFOBEP souhaitait mettre en place une surveillance opérationnelle des niveaux de PM à l'échelle de son territoire d'intervention. Une première étude a été réalisée en 2006-2007 pour établir un zonage de la pollution des PM sur cette même zone pour l'année 2002 (étude référencée sous le n° 164.0705). En effet, les méthodologies et les outils de modélisation développés dans le cadre de cette étude permettent aujourd'hui d'envisager de disposer d'une information quotidienne sur la spatialisation de la pollution des PM.

Le but était de mettre en place une plate-forme de modélisation, qui permettrait de disposer chaque matin de cartographies de concentrations moyennes journalières, à travers des simulations à échéance horaire. Pour les jours J et J+1, les cartographies sont des cartographies prévues, tandis que pour la cartographie de J-1, il s'agit d'une cartographie analysée intégrant les mesures aux stations.

Pour ce faire, une première phase de définition de la plate-forme de modélisation a été effectuée à partir du travail réalisé lors de l'étude de faisabilité. Celle-ci a consisté à reprendre la modélisation du domaine d'étude et à optimiser les différents éléments de la chaîne de modélisation pour répondre aux contraintes opérationnelles demandées.

La seconde phase de ce projet a consisté à fournir les résultats numériques quotidiennement sur une période pilote, et à rendre la plate-forme de modélisation la plus opérationnelle possible et fiable d'un point de vue informatique (performance, robustesse, rapidité de calcul, ...).

Ce présent document décrit les mises à jour de la plate-forme opérationnelle, ainsi que les premiers résultats statistiques sur les performances de celle-ci.

Pour rappel, la plate-forme opérationnelle a deux objectifs principaux :

- ✓ fournir chaque matin une prévision pour le jour même (J) et le lendemain de la pollution en PM10 sur la zone d'intervention d'AIRFOBEP,
- ✓ fournir chaque matin une carte analysée de la pollution en PM10 de la veille (J-1) sur la zone d'intervention d'AIRFOBEP. Cette carte analysée complète ainsi les outils de surveillance et suivi de la pollution opérés par ailleurs par AIRFOBEP.



Hypothèses de modélisation et initialisation météorologique

2.1. Options de modélisation utilisées

2.2. Définition des grilles

2.3. Emissions

2.4. Météorologie

2. Hypothèses de modélisation et initialisation météorologique

2.1. Options de modélisation utilisées

Ce chapitre rappelle les hypothèses de modélisation qui ont été retenues.

Ce projet consiste en une cartographie journalière de la dispersion des poussières à partir d'une modélisation numérique au moyen du système de gestion de la qualité de l'air **ADMS-Urban** qui repose, entre autre, sur le modèle de dispersion atmosphérique ADMS (*Atmospheric Dispersion Modelling System*), utilisé, reconnu et validé internationalement.

Pour ce projet, les principaux phénomènes physiques pris en compte par le modèle sont listés dans le tableau suivant :

Phénomène physique	Pris en compte par le modèle dans l'étude	Commentaires
Météorologie locale	oui	Données horaires pour l'analyse ou tri-horaires pour la prévision
Description verticale de la turbulence atmosphérique	oui	Analyse d'échelle de Monin-Obukhov
Cycle diurne du développement de la couche de mélange atmosphérique	oui	Les données météorologiques ne sont pas traitées de façon indépendante pour l'analyse
Traitement spécifique des conditions météorologiques convectives (rabattement des panaches près du sol)	oui	Trajectoires gaussiennes « obliques » en situation convective
Surélévation des panaches à l'émission	oui	Modèle intégral de trajectoire 3D pour les sources canalisées
Nature des sols rencontrés	oui	Hauteur de rugosité variable sur le domaine d'étude
Nature particulière des particules	oui	Prise en compte notamment pour le calcul du dépôt sec (chute par gravité) et humide (lessivage par les précipitations)
Evolution chimique des rejets	non	Dispersion passive
Variabilité temporelle des émissions	oui	Utilisation d'émissions variables (profils temporels)
Effets canyon	non	La configuration des axes routiers ne prend pas en compte les effets canyon
Effet de la topographie (relief) sur la dispersion des panaches	oui	Le modèle de dispersion a été couplé au modèle d'écoulement fluide FLOWSTAR qui recalcule les champs de vent et de turbulence en 3D sur tout le domaine

Tableau 1 - Phénomènes pris en compte dans la modélisation

Au niveau des émissions, on peut noter :

- La prise en compte d'un cadastre global d'émission, de sources surfaciques (industrielles et routes secondaires), de sources ponctuelles (principaux sites industriels) et de sources routières (principaux axes). Le cadastre correspond à celui de l'année 1999. La prise en compte de ce cadastre entraînera une introduction de biais pour la prévision quantitative de la pollution en 2008 et au-delà.

- La prise en compte des émissions de poussières en considérant uniquement les PM10.

2.2. Définition des grilles

Dans l'étude précédente, le domaine d'étude était découpé en 6 grilles, qui couvrait l'ensemble de ce domaine.

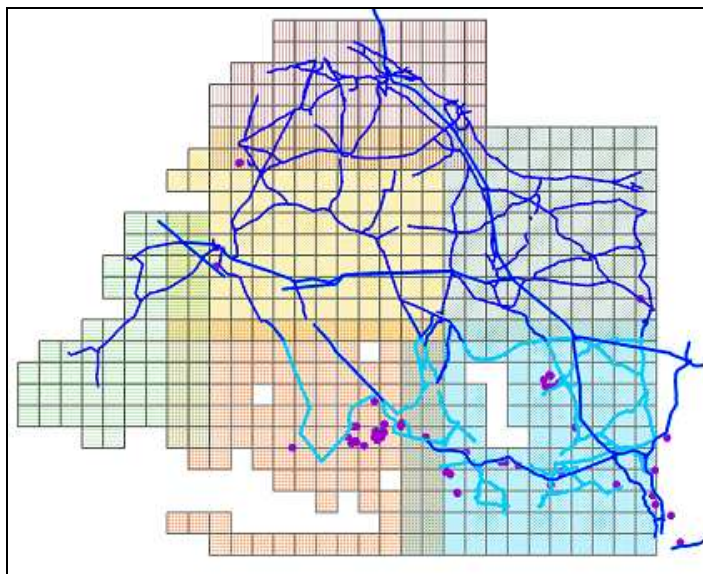


Figure 1 - Localisation des 6 grilles définies lors de l'étude précédente

Afin de rendre la plate-forme de modélisation la plus opérationnelle possible, le choix a été fait de ne considérer que 3 grilles. En outre, le choix d'un maillage déstructuré a été fait afin d'alléger le nombre de points de calcul tout en conservant une résolution fine proche des principaux axes routiers et des principales sources.

Les 3 grilles ainsi redéfinies, couvrent l'ensemble du territoire de surveillance affecté à AIRFOBEP. La grille A couvre la partie Nord, la grille C couvre la partie sud tandis que la grille B couvre le reste du territoire.

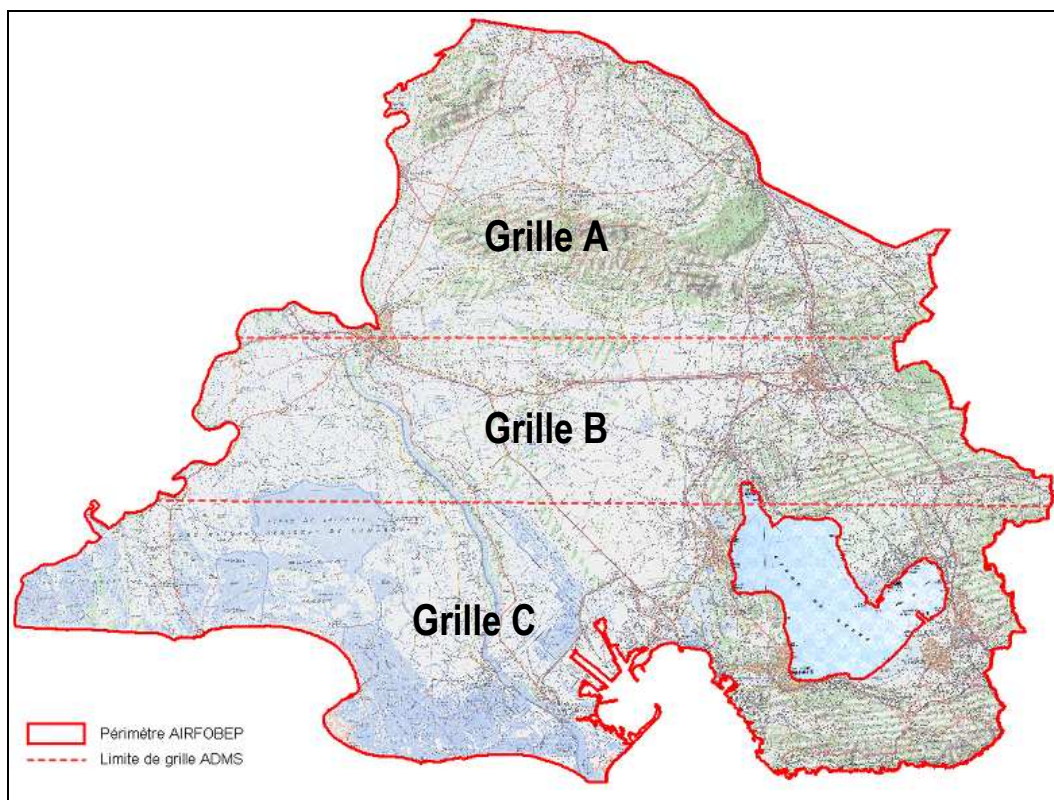


Figure 2 - Localisation des grilles de calcul ADMS sur le territoire AIRFOBEP

Les caractéristiques de chaque grille en terme de résolution et de points de grille sont les suivantes et sont illustrées figure 3:

- Grille A :
 - o Résolution spatiale (horizontale et verticale) : 1 km.
 - o Nombre de points de grille : 9180.
- Grille B :
 - o Résolution spatiale (horizontale et verticale) : au minimum 500 m sur l'est de la zone et au maximum 1.3 km sur l'ouest de la zone.
 - o Nombre de points de grille : 9488.
- Grille C :
 - o Résolution spatiale (horizontale et verticale) : au minimum 500 m sur l'est de la zone et au maximum 1.3 km sur l'ouest de la zone.
 - o Nombre de points de grille : 9060.

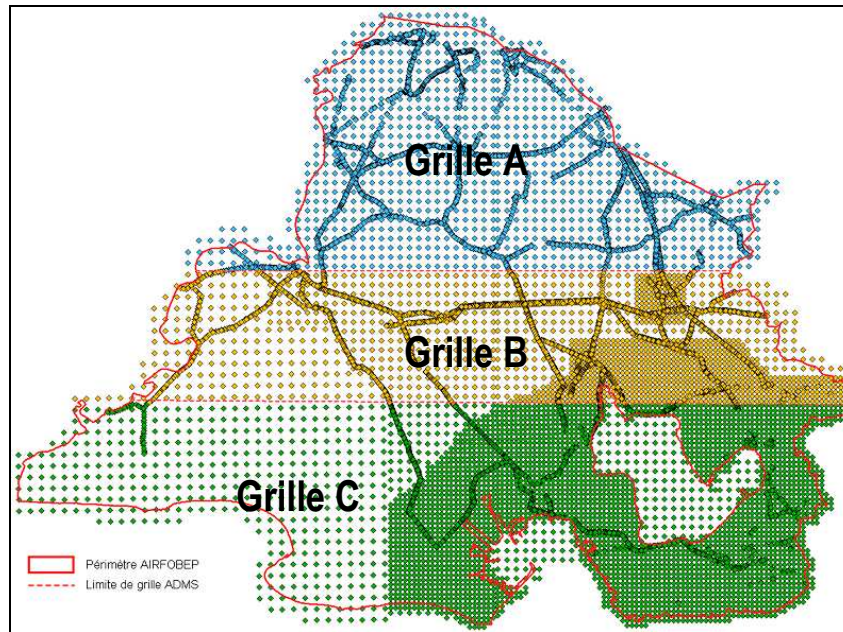


Figure 3 - Résolution spatiale et points de grilles des 3 grilles retenues

2.3. Emissions

Pour les 3 grilles de calcul, des sources d'émissions seront communes alors que certaines sources explicites ne seront définies que pour chaque grille.

a. Sources communes

Les sources communes aux 3 grilles sont les grandes sources ponctuelles (GSP) ainsi que celles contenues dans le cadastre d'émissions.

Celui-ci est composé de 992 cellules de 1 km². Il permet de prendre en compte la part naturelle et la part anthropique des émissions, non prises en compte dans les sources définies explicitement.

Les 84 grandes sources ponctuelles sont définies à la fois sur les grilles A, B et C. Ceci afin de prendre en compte, sur chacune d'entre elles, l'influence de ces grandes sources ponctuelles.

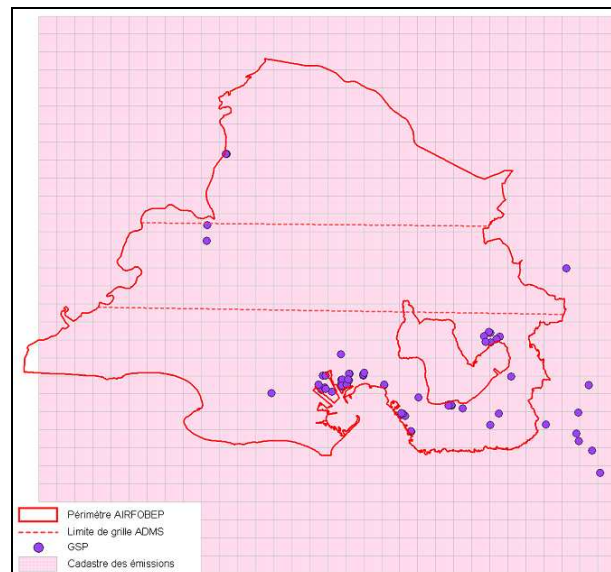


Figure 4 - Sources communes aux 3 grilles de calcul

b. Sources explicites

La grille A a pour caractéristiques les points suivants :

- Nombre de sources surfaciques ou volumiques : 826.
- Nombre de routes : 931.

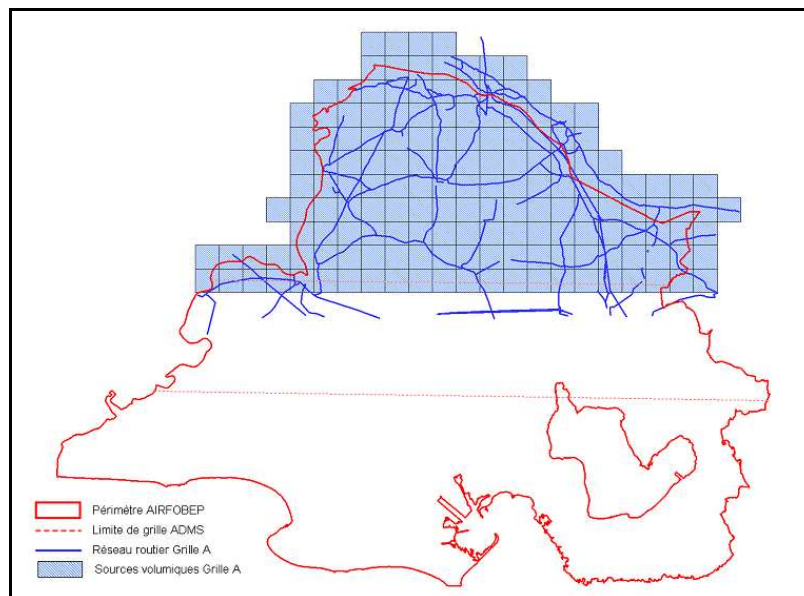


Figure 5 - Caractéristiques de la grille A

La grille B a pour caractéristiques les points suivants :

- Nombre de sources surfaciques ou volumiques : 703.
- Nombre de routes : 659.

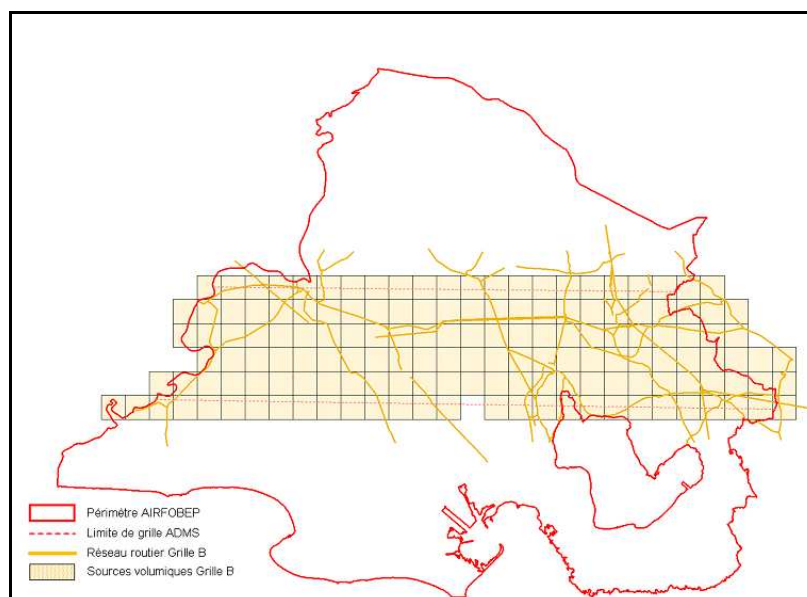


Figure 6 - Caractéristiques de la grille B

La grille C a pour caractéristiques les points suivants :

- Nombre de sources surfaciques ou volumiques : 808,
- Nombre de routes : 604,

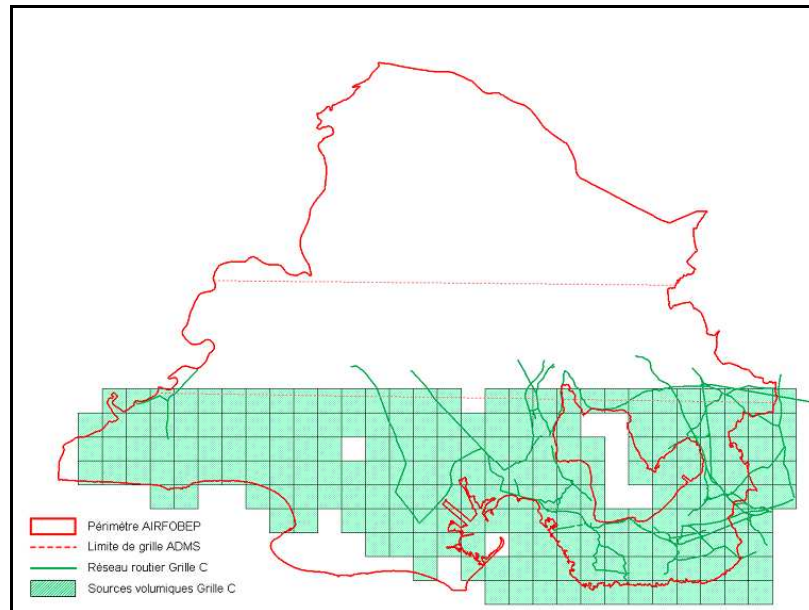


Figure 7 - Caractéristiques de la grille C

2.4. Météorologie

Dans l'étude de faisabilité, une météorologie différente était affectée aux différentes grilles et reposait sur 4 stations de mesures : La Gatasse, Istres, Salon de Provence et Avignon.



Figure 8 - Localisation des stations météorologiques utilisées dans l'étude faisabilité

La mise en œuvre d'une plate-forme de prévision nécessite d'avoir accès à des données de prévision. Le choix a été fait de considérer les prévisions Météo France au niveau des stations dans la zone d'étude, données qui sont accessibles à AIRFOBEP et disponibles dans la base de données METEORES. Les 3 stations Météo France situées sur la zone d'étude et qui peuvent être utilisées sont ainsi Istres, Marignane et Salon de Provence. Les données par la carte analysée de J-1 correspondent alors aux observations disponibles à ces stations.

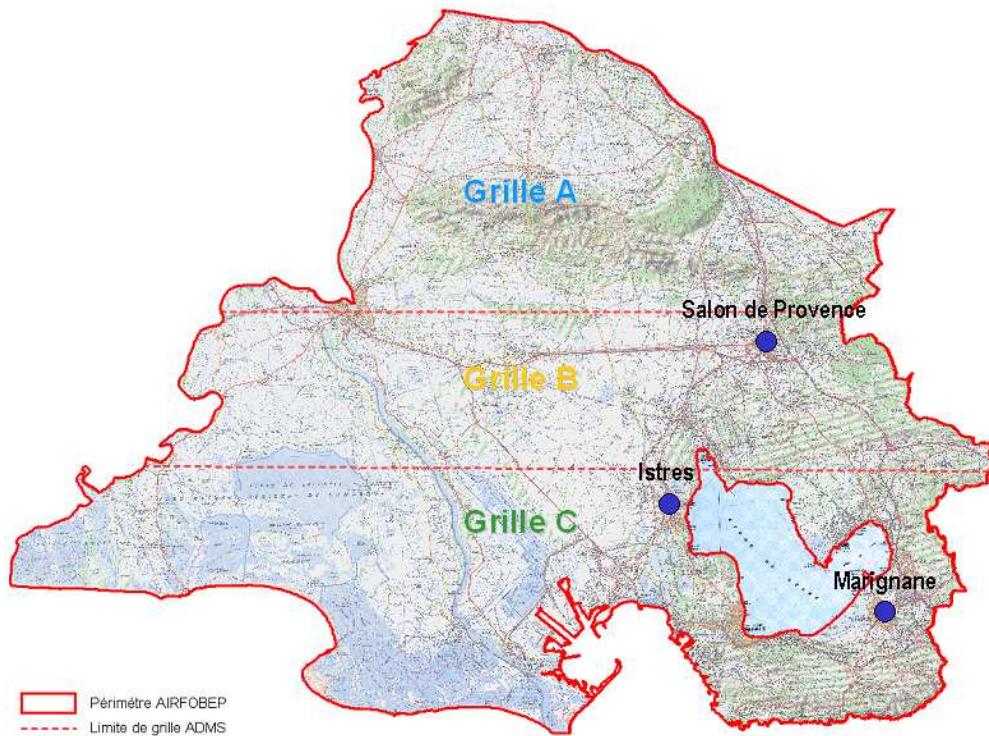


Figure 9 - Stations météorologiques prises en compte dans le cadre de l'étude

En terme de fréquence temporelle, des données horaires pour J-1 sont disponibles, des prévisions toutes les 3 heures pour J et des données toutes les 6 heures pour J+1.

Le choix d'une station représentant globalement les champs météorologiques sur le domaine d'intervention de AIRFOBEP est obligatoirement un compromis de circonstance car il existe deux types de climatologie entre l'est et l'ouest de l'étang de Berre. Le choix des stations Météo France étant limité à Marignane, Salon de Provence et Istres, nous avons opté pour la station qui semblerait être la plus représentative du point de vue écoulement général pour initialiser les trois grilles de la plate-forme de modélisation_.

De l'étude de la météorologie de la zone, on peut retenir alors les faits suivants (voir également les roses des vents ci-dessous) :

- ✓ Marignane est positionné à l'Est de l'étang de Berre et sous le vent de sud-est de la rade de Marseille. On observe régulièrement des brises d'étang, des « remontées » de sud-est venant de Marseille et des vents faibles et tourbillonnants assez complexe à restituer ;
- ✓ Salon de Provence est localisé au Nord de l'étang, sous le vent des contreforts des Alpilles et des Baux de Provence, qui perturbent l'écoulement atmosphérique dans certaines conditions synoptiques de Nord-Ouest, Nord ou Nord-Est ;
- ✓ Enfin, Istres est situé à l'Ouest de l'étang de Berre, dans la continuité de la plaine de Crau sur un petit plateau bien dégagé. Il apparaît que l'écoulement atmosphérique est peu perturbé et représente assez bien toute la

région de l'Ouest et du Nord de la zone d'étude. Il est effectivement vrai également que Istres n'est pas forcément représentative des perturbations locales du côté Est de l'étang.

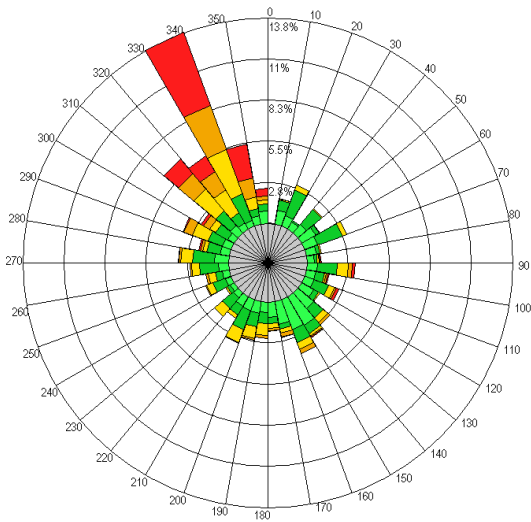


Figure 10 - Rose des vents de la station de Salon de Provence sur l'année 2007

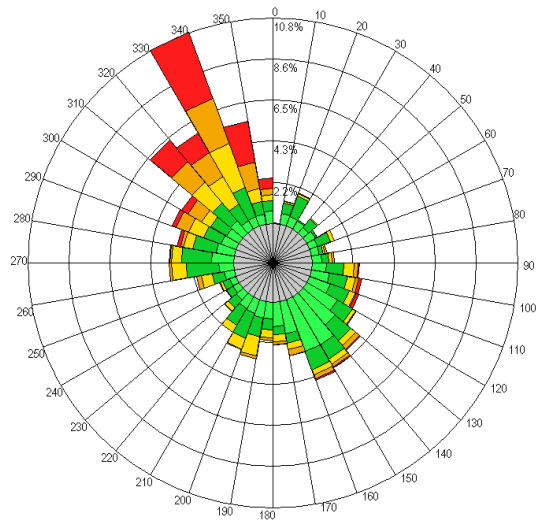


Figure 11 - Rose des vents de la station de Marignane sur l'année 2007

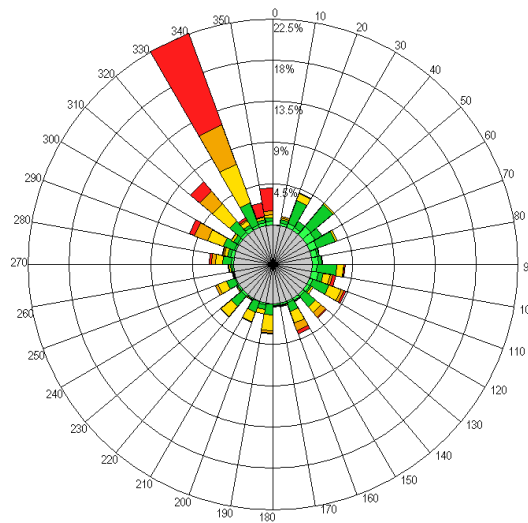


Figure 12 - Rose des vents de la station d'Istres sur l'année 2007

Notre choix se porte donc finalement sur la station de Istres qui est la plus représentative des conditions météorologiques à l'échelle de la zone d'étude pour l'initialisation du vent de la plate-forme.

Pour les autres paramètres météorologiques utilisés en entrée de la plate-forme, à savoir la nébulosité et la température, un choix différent a été retenu.

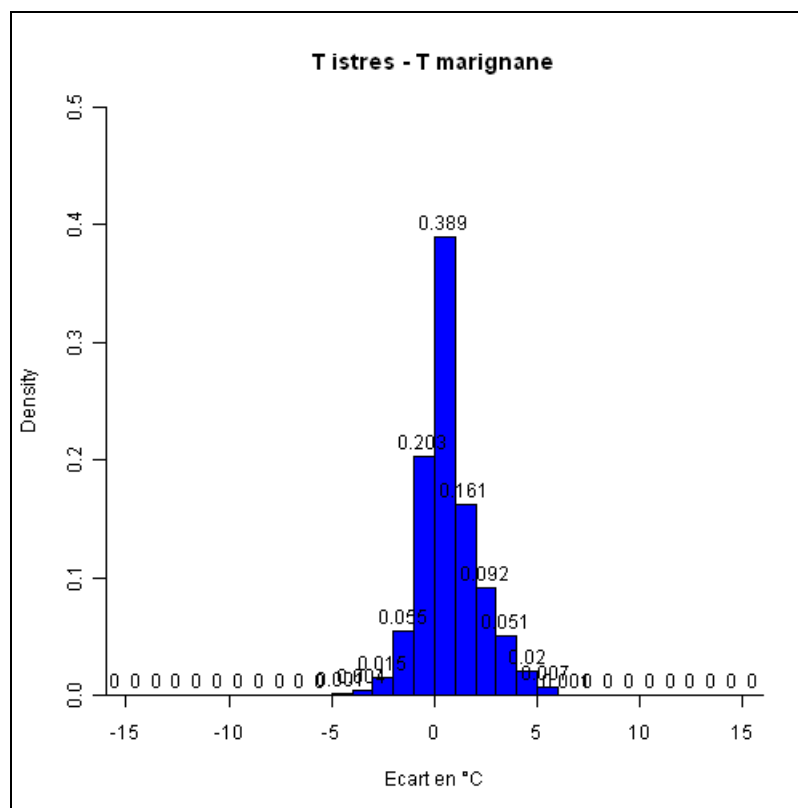
Pour la température, les statistiques ci-dessous portent sur la comparaison des températures sur les 3 stations Météo France précédemment mentionnée.

Tout d'abord, cette étude statistique est basée sur 7246 échéances horaires entre le 30 septembre 2007 à 12h00 et le 28 juillet à 09h00 (données d'observations). Sur les 7246 échéances horaires, le nombre de données disponibles est de :

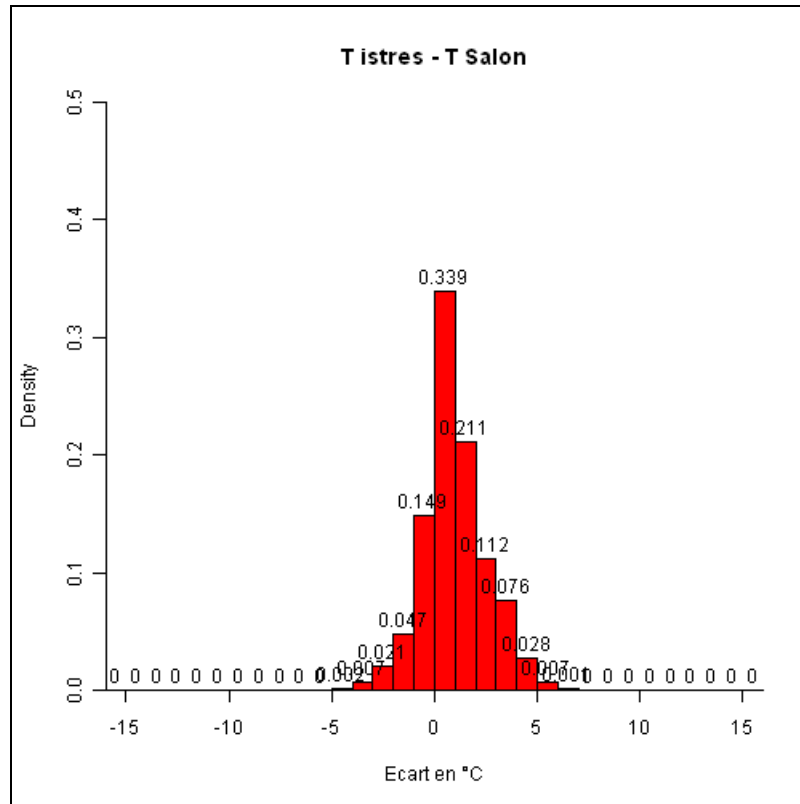
- ✓ 7079 pour la station de Istres, soit 97,6% des échéances.
- ✓ 7099 pour la station de Marignane, soit 97,9% des échéances.
- ✓ 6875 pour la station de Salon, soit 94,9% des échéances.

Si l'on considère les seuls cas où les données sont disponibles sur deux stations différentes, les statistiques sont les suivantes :

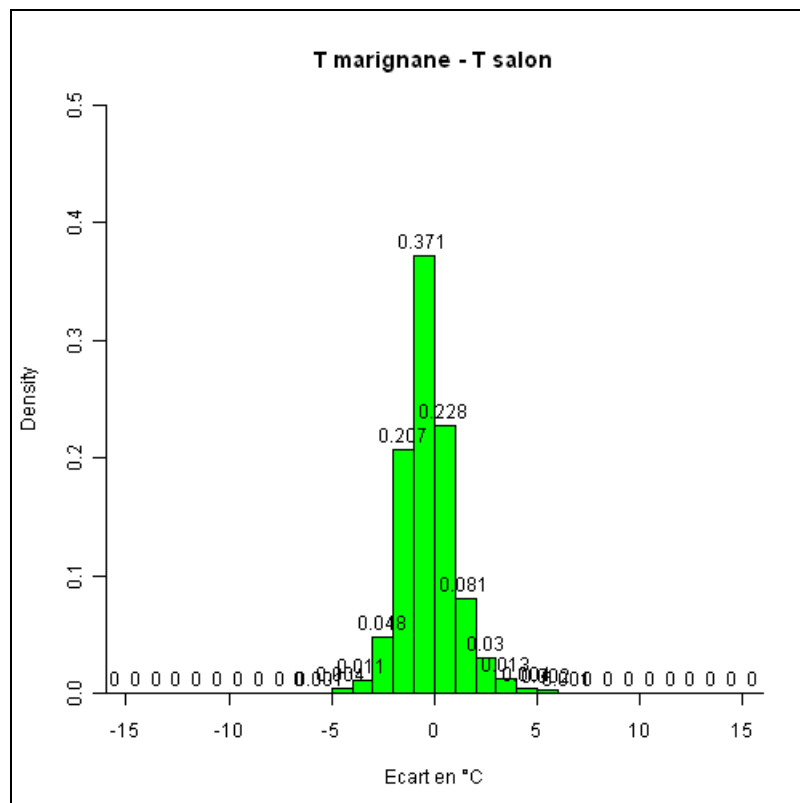
- ✓ Le nombre de données communes entre Istres et Marignane est de 7079, soit 97,6% du temps. La répartition de cette différence moyenne est la suivante :



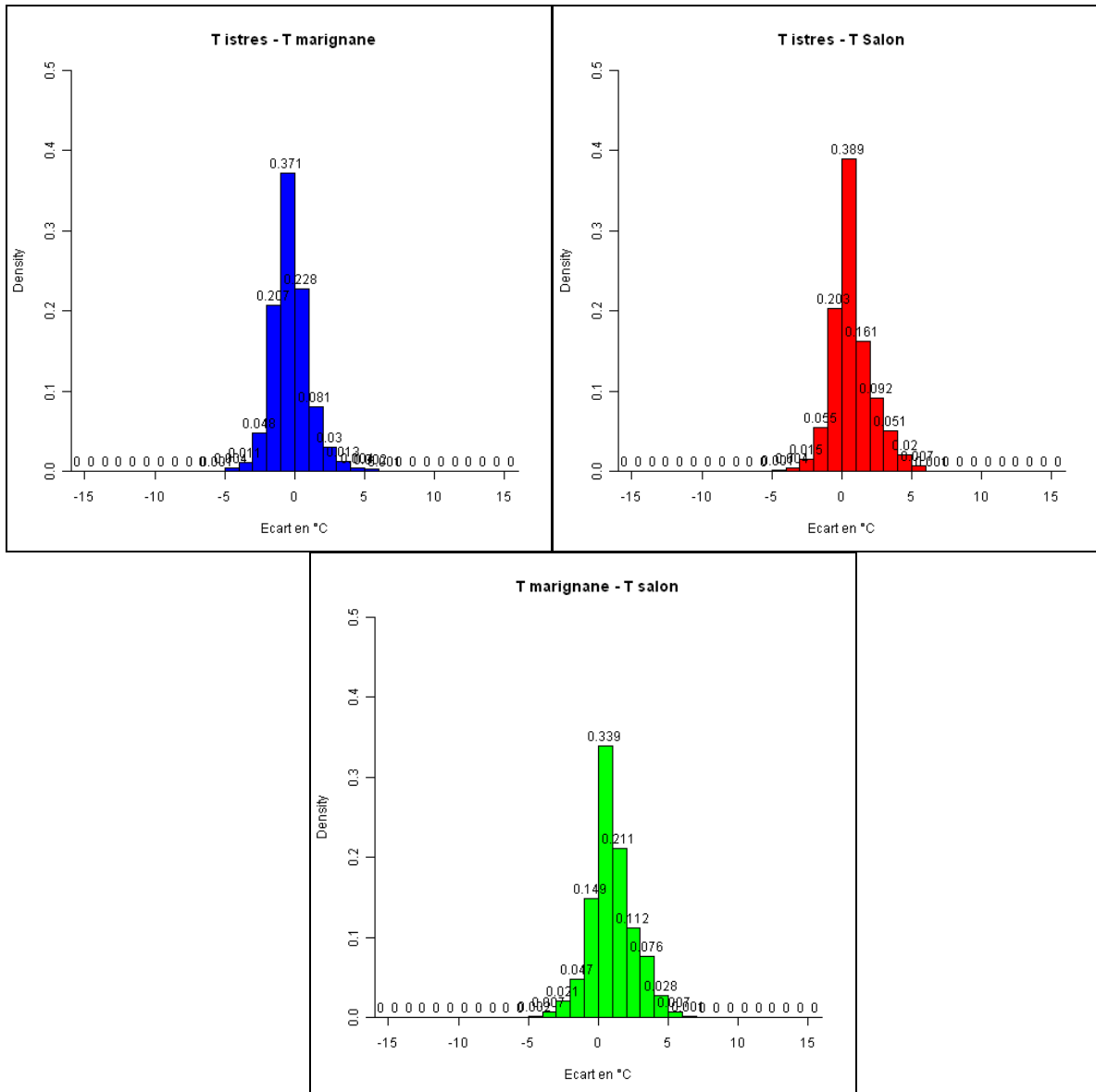
- ✓ Le nombre de données communes entre Istres et Salon est de 6855, soit 94,6% du temps. La répartition de cette différence moyenne est la suivante :



- ✓ Le nombre de données communes entre Marignane et Salon est de 6875, soit 94,9% du temps. La répartition de cette différence moyenne est la suivante :



- ✓ Si l'on considère les seuls cas où les données sont disponibles sur toutes les stations, ceci correspond à 6855 échéances, soit 94,6% des cas. Sur ces cas, les répartitions des différences sont les suivantes :



De ces graphes, on peut en conclure que pour au moins 70% des échéances horaires, la différence de températures mesurées sur les trois stations n'est que de 1°C. En conclusion, il apparaît raisonnable de considérer la moyenne des températures observées ou prévues à ces trois stations comme données d'entrée de la plate-forme.

Pour la nébulosité, les statistiques ci-dessous portent sur la comparaison des indices de nébulosité et leurs différences sur les 3 stations Météo France.

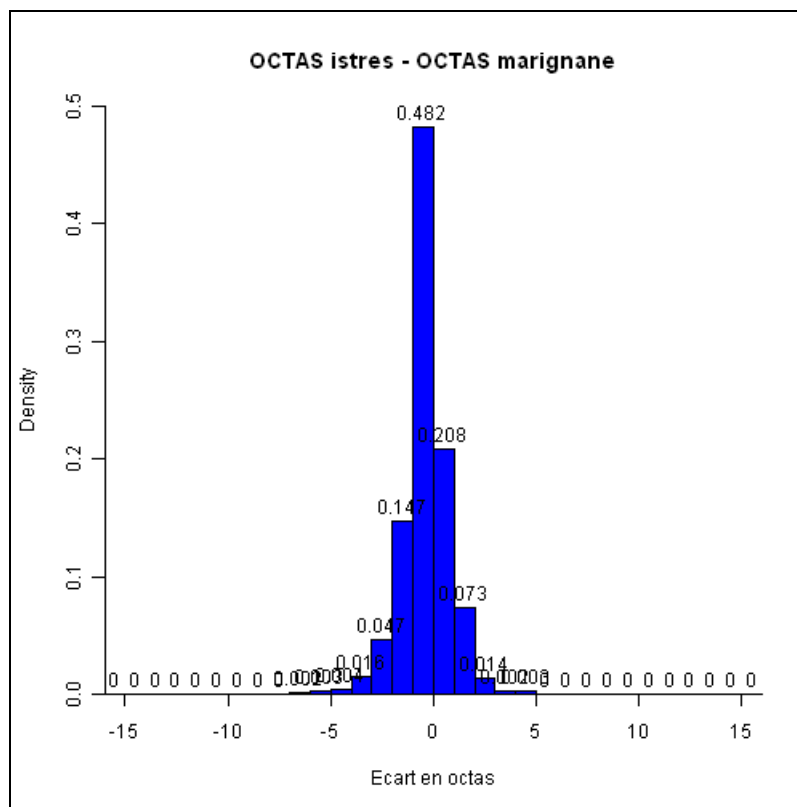
Tout d'abord, cette étude statistique est basée sur 7246 échéances horaires entre le 30 septembre 2007 à 12h00 et le 28 juillet à 09h00 (données d'observation).

Sur les 7246 échéances horaires, le nombre de données disponible est de :

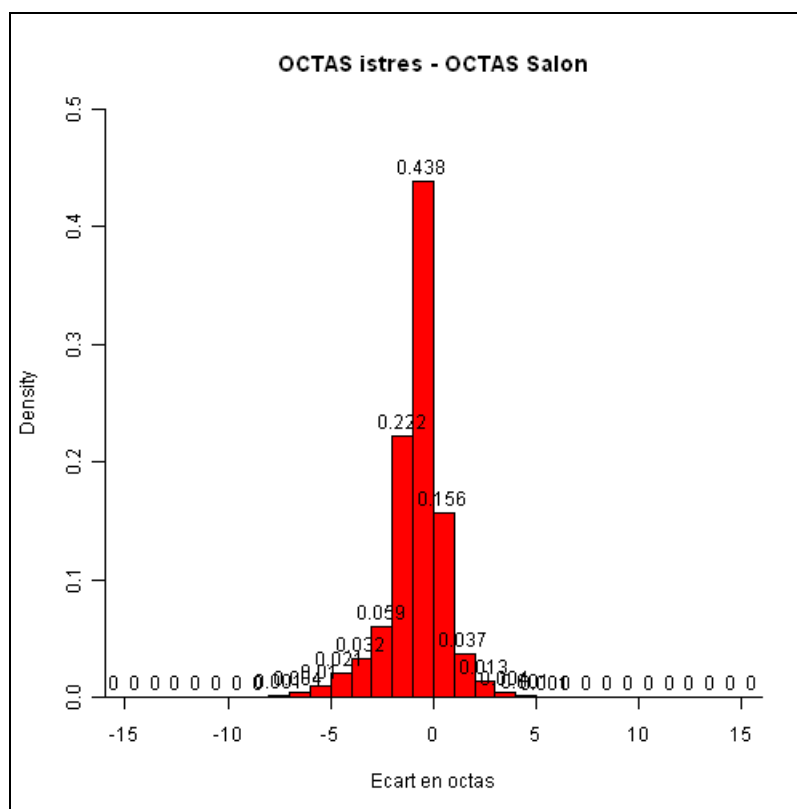
- ✓ 3591 pour la station de Istres, soit 49,5% des échéances.
- ✓ 6339 pour la station de Marignane, soit 87,4% des échéances.
- ✓ 3511 pour la station de Salon, soit 48,4% des échéances.

Si l'on considère les seuls cas où les données sont disponibles sur deux stations différentes, les statistiques sont les suivantes :

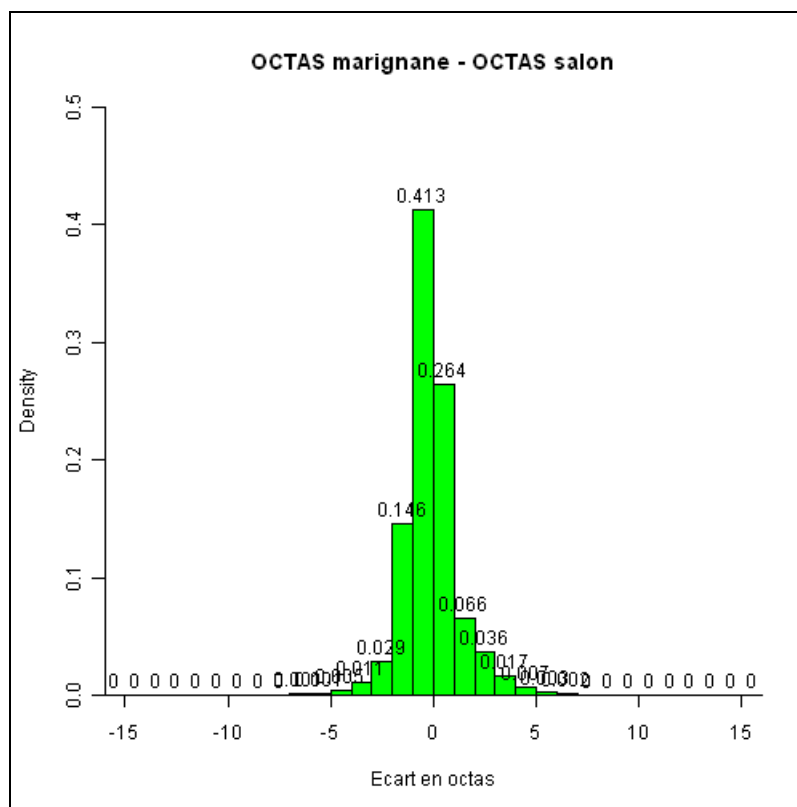
- ✓ Le nombre de données communes entre Istres et Marignane est de 3468, soit 47,8% du temps. La répartition de cette différence moyenne est la suivante :



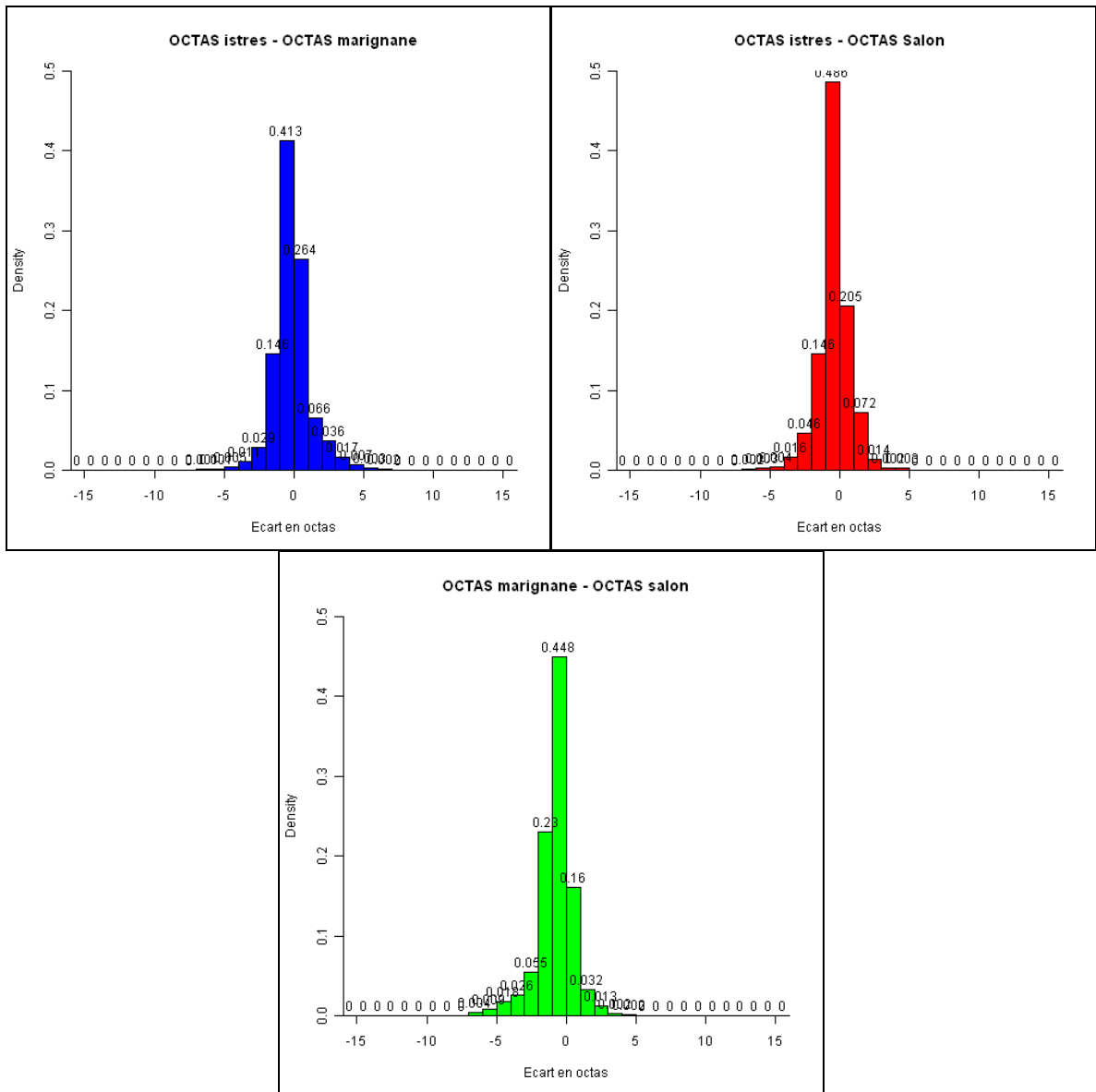
- ✓ Le nombre de données communes entre Istres et Salon est de 2580, soit 35,6% du temps. La répartition de cette différence moyenne est la suivante :



- ✓ Le nombre de données communes entre Marignane et Salon est de 3429, soit 47,3% du temps. La répartition de cette différence moyenne est la suivante :



- ✓ Si l'on considère les seuls cas où les données sont disponibles sur toutes les stations, le nombre de données communes est de 2538, soit 35% des échéances. Sur ces cas les répartitions des différences sont les suivantes :



De ces graphes, on peut également en conclure que pour au moins 70% des échéances horaires, la différence de nébulosité entre ces différents points d'observation n'est que de 1 octas. Tout comme pour la température, il apparaît raisonnable de considérer la moyenne des indices de nébulosité observés ou prévus à ces trois stations comme données d'entrée de la plate-forme.

A noter qu'à ce jour, le processus de déposition humide n'est pas activé sur la plate-forme opérationnelle, car les données de précipitations ne sont pas encore archivées dans la base METEORES.

Enfin, nous verrons lors de la description du fonctionnement opérationnel de la plate-forme que ces choix d'initialisation météorologique peuvent être adaptés en fonction de la disponibilité des données d'observation et de prévision.

Pollution de fond et du biais



3.1. Pollution de fond

3.2. Biais

3. Pollution de fond et du biais

3.1. Pollution de fond

Les mesures de la pollution de fond pour les poussières sur la région PACA indiquent des valeurs de concentrations élevées, qui peuvent atteindre 20 à 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Ce niveau de fond est non négligeable au regard des concentrations mesurées sur les capteurs du réseau AIRFOBEP. Il est donc nécessaire de prendre en compte cette particularité dans l'étude de modélisation.

Or, il se trouve que la comparaison modèle / mesure réalisée lors de l'étude de faisabilité montrait des différences notables. Ceci est notamment lié au fait que l'inventaire d'émissions ne comprend pas toutes les sources possibles (notamment naturelles). En outre, la région PACA est soumise à des apports extérieurs de PM pouvant être importants, par exemple venant d'Afrique. Il est donc nécessaire d'ajouter un fond aux résultats de simulations.

Pour représenter la pollution de fond particulière sur la région de l'étang de Berre, une approche basée sur la valeur aux stations de mesures a été choisie lors de l'étude de faisabilité. L'idée générale est d'estimer la pollution de fond à partir de valeurs issues d'un ensemble de capteurs dont aucun n'est susceptible de donner directement la valeur de fond. L'approche retenue a donc été de déterminer un fond moyen sur toute la zone d'étude et non pas un fond par zone.

A titre d'exemple, la figure 13 représente la concentration moyenne horaire des poussières PM10 pour l'ensemble des stations du réseau AIRFOBEP et la pollution de fond calculée pour le mois de janvier 2002.

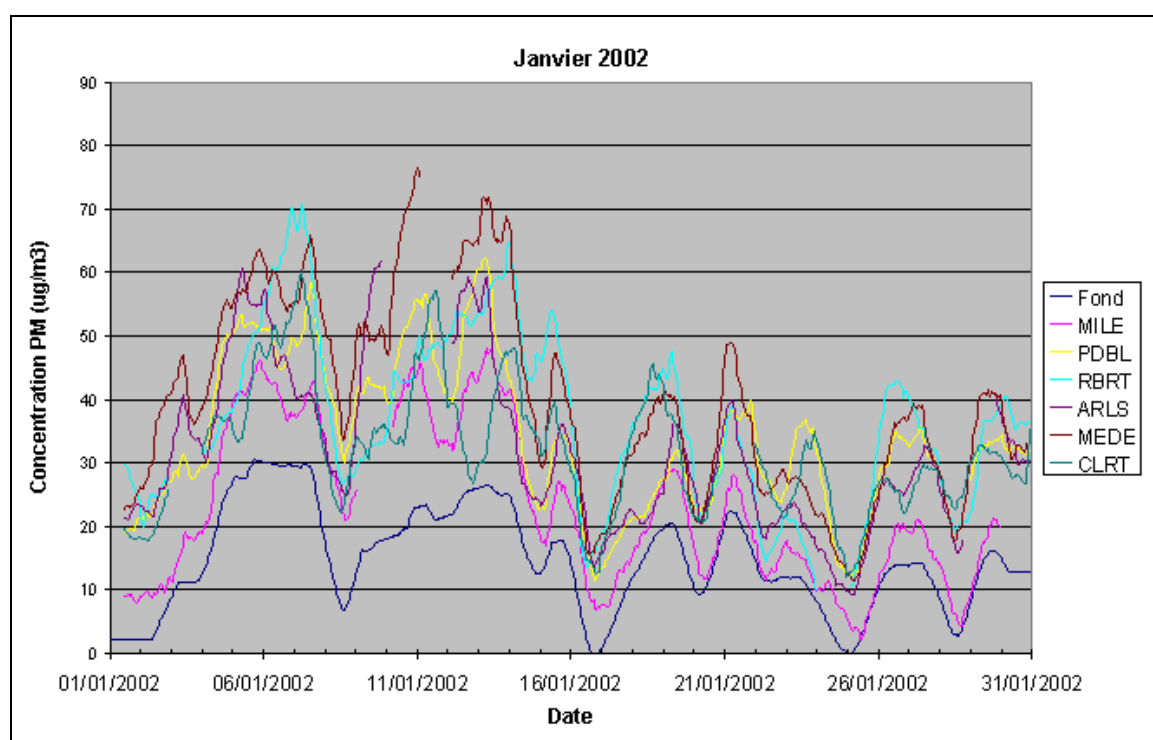


Figure 13 - Concentration moyenne horaire en PM10 des stations de mesures du réseau AIRFOBEP et valeur de la pollution de fond particulaire pour le mois de janvier 2002.

Les principales étapes de calcul d'un fond moyen horaire sont alors les suivantes :

- ✓ Elimination du bruit par moyenne glissante.
- ✓ Estimation de la tendance de la concentration de fond.
- ✓ Estimation de la constante C0 pour calculer la concentration de fond.
- ✓ Calcul de la concentration de fond horaire sur la zone.

Cette méthodologie sera appliquée dans ce projet en introduisant quelques modifications. En effet, contrairement à l'étude de faisabilité, se pose le problème de l'initialisation de la pollution de fond pour les jours J et J+1. En outre, comme lors de l'étude de faisabilité et en accord avec AIRFOBEP, la station MILE est écartée lors de tous calculs de fond.

Des tests de sensibilité ont été menés afin de déterminer l'erreur commise sur les concentrations des jours J et J+1 lorsque l'on initialise la concentration de fond avec les mesures disponibles pour le jour J-1 et avant. L'essentiel est de choisir le bon temps d'intégration (24h, 48h, 72h,...) pour minimiser l'erreur à la fois sur la carte analysée de J-1 et sur les cartes prévues pour J et J+1.

Les simulations des tests de sensibilité ont été effectuées dans les mêmes conditions que le futur mode opérationnel, c'est-à-dire :

- ✓ une météorologie mesurée, avec des données horaires, pour le premier jour de simulation,
- ✓ une météorologie tri-horaire, prévues par Météo France, pour les 24 et 25 mars 2007.

Les 2 tableaux suivants donnent, à titre d'exemple, les concentrations de PM10 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$, simulées et mesurées, pour la période du 23 mars 2007 au 25 mars 2007. Ceux-ci proposent de comparer, pour quatre des cinq stations de mesures AIRFOBEP (la dernière n'ayant pas de données valides pour cette période), les moyennes journalières obtenues par les mesures et par les simulations, au travers de deux indices, le biais moyen et l'erreur absolue normalisée.

Le tableau 2 rassemble les résultats de la modélisation, lorsque la concentration de fond est calculée avec un temps d'intégration de 24h :

		<i>Moyenne journalière modélisée</i>	<i>Moyenne journalière mesurée</i>	<i>Biais moyen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)</i>	<i>Erreur absolue normalisée</i>
ARLS	J-1	28.86	29.52	-0.66	2%
	J	28.69	25.62	3.07	12%
	J+1	28.89	23.5	5.39	23%
FOS	J-1	28.88	33	-4.12	12%
	J	29.7	27.5	2.2	8%
	J+1	28.97	35.75	-6.78	19%
PDBL	J-1	29.4	36.83	-7.43	20%
	J	29.73	30.5	-0.77	3%
	J+1	30.68	28.62	2.06	7%
RBRT	J-1	28.86	30.43	-1.57	5%
	J	29.34	27	2.34	9%
	J+1	28.94	NA	NA	NA

Tableau 2 - Comparaison des moyennes journalières mesurées et simulées lorsque l'on prend un temps d'intégration de 24h

On constate que les erreurs commises, en initialisant la pollution de fond de J et J+1 par celle de J-1 ne sont pas très importantes. En effet, le biais moyen maximum est de 7.43 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ce qui correspond à une erreur de 20%. De plus, on constate de façon générale que le biais moyen augmente en fonction du jour modélisé (biais moyen de J > biais moyen de J+1 etc...), mais reste dans des limites acceptables.

Le tableau 3 rassemble les résultats de la modélisation, lorsque la concentration de fond est calculée avec un temps d'intégration de 48h :

		<i>Moyenne journalière modélisée</i>	<i>Moyenne journalière mesurée</i>	<i>Biais moyen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)</i>	<i>Erreur absolue normalisée</i>
ARLS	J-1	24.95	29.52	-4.57	15%
	J	25.31	25.62	-0.31	1%
	J+1	25.52	23.5	2.02	9%
FOS	J-1	24.97	33	-8.03	24%
	J	26.12	27.5	-1.38	5%
	J+1	25.49	35.75	-10.26	29%
PDBL	J-1	25.5	36.83	-11.33	31%
	J	26.19	30.5	-4.31	14%
	J+1	26.96	28.62	-1.66	6%
RBRT	J-1	24.95	30.43	-5.48	18%
	J	25.76	27	-1.24	5%
	J+1	25.46	NA	NA	NA

Tableau 3 - Comparaison des moyennes journalières mesurées et simulées lorsque l'on prend un temps d'intégration de 48h

On constate que les erreurs commises, en initialisant la pollution de fond de J et J+1 sont plus importantes lorsque l'on calcule la concentration de fond en prenant un temps d'intégration de 48h au lieu de 24h. En effet, le biais moyen maximum est de $-11.33 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ce qui correspond à une erreur de 31%.

En conclusion, il a été retenu d'utiliser un temps d'intégration de 24h. Néanmoins, dans le cadre d'un fonctionnement opérationnel de la plate-forme, il apparaît que lors de lancement de chaque simulation (chaque nuit), les données d'observation pour le jour J-1 ne sont pas disponibles ou parcellaires. Il en résulte un arbre de décision décrit dans la section 6 (fonctionnement opérationnel de la plate-forme) qui, en l'absence des mesures pour J-1, utilise les données de J-2 pour calculer le fond. En l'absence de telles données, un fond climatologique est alors utilisé.

Après discussion avec AIRFOBEP, il apparaît important non seulement que ce fond ait une variation horaire mais également une variation saisonnière, c'est-à-dire incluant le mois comme paramètre d'entrée. Compte tenu de la mise en application depuis le 1er janvier 2007 de la correction des mesures de PM10 pour tenir compte de la fraction volatile, ce fond climatologique n'est à ce jour calculé qu'à partir des données d'observations du 1er janvier 2007 au 31 septembre 2008. Le tableau ci-dessous présente ainsi le fond climatologique utilisé en l'absence de données d'observations pour J-1 et J-2.

L'utilisation de ce fond est opérationnelle depuis le 10 novembre 2008, tandis que depuis fin juin 2008 un fond climatologique horaire (sans distinction des saisons) était utilisé. De plus, courant novembre 2008 des améliorations ont été apportées sur le calcul du fond afin de tenir compte de certains cas particuliers et d'accroître la fiabilité et la qualité du calcul qui est effectué.

heure	jan	fév	mars	avril	mai	juin	juil	aout	sept	oct	nov	dec
0h	27	35	20	24	15	17	17	14	17	23	22	35
1h	25	35	21	25	15	16	17	15	17	23	22	33
2h	25	33	21	25	16	17	16	16	16	23	20	32
3h	24	31	20	25	16	17	17	16	16	22	19	29
4h	22	30	20	24	17	18	17	15	16	22	20	28
5h	22	28	20	25	18	19	18	15	17	22	21	27
6h	21	27	21	27	20	21	20	19	18	23	22	26
7h	22	27	23	29	19	20	22	21	21	26	20	26
8h	24	32	24	29	19	21	20	21	22	29	22	27
9h	26	32	23	26	20	20	20	21	21	28	22	29
10h	23	30	23	24	20	19	23	19	21	26	22	28
11h	25	29	23	24	21	21	23	21	22	26	23	28
12h	22	28	23	24	21	21	23	19	22	26	23	28
13h	22	26	21	24	20	23	23	20	24	25	23	27
14h	23	25	24	26	21	24	24	21	25	26	24	27
15h	24	25	24	27	21	24	24	22	26	28	25	28
16h	25	26	25	28	21	22	25	23	26	29	25	29
17h	24	27	26	27	19	22	24	24	26	29	24	32
18h	25	28	29	26	19	21	24	24	26	30	24	33
19h	28	28	26	25	20	21	23	23	25	28	23	36
20h	27	31	24	24	18	22	21	22	23	26	23	37
21h	29	33	21	23	17	21	20	19	20	25	24	37
22h	29	35	22	23	16	19	18	18	19	24	24	36
23h	28	36	21	24	16	18	17	16	18	23	22	36

Tableau 4 - Fond climatologique (en µg/m3) utilisé en absence de données d'observation

3.2. Biais

Compte tenu de l'objectif qui est de cartographier la pollution en PM10 sur l'ensemble de la zone AIRFOBEP au moyen d'une modélisation, le calage des résultats de cette modélisation est tout à fait envisageable. En effet, le résultat principal attendu de la modélisation est la répartition spatiale, répartition qui ne peut être déterminée à partir des seules observations disponibles. Cependant, malgré une prise en compte du fond (voir section 3.1), un fond moyen sur toute la zone, la comparaison modèle / mesure montre toujours des biais selon certaines classes de concentration. Ce fond ne correspondant qu'à un ajustement, l'utilisation d'un biais correctif supplémentaire est donc recommandée. Il faut notamment rappeler que l'inventaire d'émission utilisé est représentatif de l'année 1999, que certaines sources ne sont pas intégrées, telles que les sources naturelles, ainsi que le transport à longue distance de PM.

En accord avec AIRFOBEP, il a donc été décidé de corriger les concentrations simulées, non seulement en intégrant la pollution de fond, mais également en tenant compte d'un biais moyen horaire calculé pour différentes gammes de concentrations. Ce biais correspond à la différence entre les valeurs (simulées+ fond) et les valeurs mesurées pour l'ensemble des stations d'observation.

Les premiers mois de fonctionnement de la plate-forme opérationnelle ainsi qu'une nouvelle étude sur l'année 2007 ont permis, à travers une étude statistique du même type que celle effectuée lors de l'étude de faisabilité, de redéfinir les biais à appliquer à la modélisation. Le biais correctif actuellement utilisé dans la plate-forme est présenté dans le tableau suivant.

Gamme de concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (Valeurs simulées + pollution de fond)	Biais ajouté ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
$\geq 0 - < 5$	15.67
$\geq 5 - < 10$	19.44
$\geq 10 - < 15$	21.36
$\geq 15 - < 20$	24.08
$\geq 20 - < 25$	25.52
$\geq 25 - < 30$	17.12
$\geq 30 - < 35$	28.46
$\geq 35 - < 40$	32.01
$\geq 40 - < 45$	29.18
$\geq 45 - < 50$	28.85
$\geq 50 - < 55$	35.77
$\geq 55 - < 60$	37.14
$\geq 60 - < 65$	30.44
≥ 65	20.92

Tableau 5 - Biais ajouté par gamme de concentration (simulée + fond)

Ce biais est opérationnel depuis fin novembre 2008 pour le fonctionnement opérationnel. A noter cependant que pour un souci de cohérence, les calculs de performance obtenues sur l'année 2008 et qui sont présentés chapitre 5.3 ont été réalisés en tenant compte de ce nouveau biais (les calculs et statistiques ont été refaits au niveau de chaque station, par contre les cartographies n'ont pas été refaites).

Cartes analysées



4.1. Interpolation des champs de concentration sur une grille régulière

4.2. Assimilation des données de mesures

4. Cartes analysées

Pour rappel, la plate-forme opérationnelle a deux objectifs principaux :

- ✓ fournir chaque matin une prévision pour le jour même (J) et le lendemain de la pollution en PM10 sur la zone d'intervention d'AIRFOBEP,
- ✓ fournir chaque matin une carte analysée de la pollution en PM10 de la veille (J-1) sur la zone d'intervention d'AIRFOBEP. Cette carte analysée complète ainsi les outils de surveillance et suivi de la pollution opérés par ailleurs par AIRFOBEP.

Les résultats des modélisations sont obtenus en des points localisés explicitement (x,y,z) avec un espacement totalement variable en fonction de la région, notamment avec une résolution relativement important proches des axes routiers afin de reproduire les gradients de concentrations existants au niveau de ces sources d'émission.

Or, les cartes qui seront présentées sur le site Internet d'AIRFOBEP sont réalisées par la société SIMALIS. La production de ces cartes nécessite de fournir à SIMALIS des données sur une grille régulière. La section 4.1 présente ainsi la méthodologie utilisée par convertir les sorties brutes à résolution variable en données à résolution spatiale régulière.

Par ailleurs, la production de la carte analysée pour le jour J-1 consiste à d'intégrer au champ 2D simulés les données d'observation afin d'obtenir une cartographie de la pollution en PM10 la plus proche possible de la réalité, l'objectif étant de disposer d'un moyen de surveillance de cette pollution.

4.1. Interpolation des champs de concentration sur une grille régulière

Le choix de la résolution de la grille régulière doit satisfaire à deux critères :

- ✓ conserver une information acceptable aux niveaux des routes et des principales sources,
- ✓ limiter la résolution afin de ne pas créer des fichiers trop importants qui rendraient leurs traitements et leurs mises à disposition difficiles.

Le choix de NUMTECH s'est porté sur une résolution de 200 mètres qui permet de satisfaire aux deux critères précédemment cités. Cette interpolation des données est effectuée grâce au logiciel Golden Software SURFER en utilisant une méthode d'interpolation qui préserve le champ initial en évitant de créer des valeurs interpolées éloignées des valeurs initiales.

4.2. Assimilation des données de mesures

Pour la production de la carte analysée pour le jour J-1, deux options ont été envisagées :

- ✓ La première option est de faire une interpolation basique en s'appuyant sur une interpolation linéaire en fonction de la distance qui sépare les points de grille des stations (pondération proportionnelle à $1/R^2$).
- ✓ La deuxième option est de faire une interpolation géostatistique en utilisant des méthodes de krigeage.

Ces deux méthodes sont détaillées ci-dessous. Pour des raisons pratiques, la première méthode a été appliquée dès la mise en opérationnelle de la plate-forme. Cependant, compte tenu du rendu final de cette approche comparativement à l'approche par krigeage, il a été retenu finalement d'utiliser cette seconde méthode dès que cela était possible. Actuellement, la plate-forme fonctionne avec cette seconde approche depuis fin juillet 2008.

a. Interpolation en $1/R^2$

Cette méthode est relativement simple et est basée sur une interpolation linéaire en fonction de la distance qui sépare les points de grille des stations. Le seul paramètre d'ajustement est la zone d'influence des stations, c'est à dire la distance maximum pour laquelle la concentration en PM₁₀ à la station de mesure X influence les concentrations des points environnants. Des tests ont été mis en place afin de valider le choix de la distance d'influence en fonction de deux critères : (i) la notion de distance représentative d'une station de mesure, et (ii) le rendu cartographique. Lors de la précédente note et en accord avec AIRFOBEP, il avait été retenu le choix d'une distance de 1000m.

La figure 14 présente un exemple de production de carte analysée au moyen de cette méthode. On peut noter clairement la zone d'influence autour de chaque donnée d'observation qui est introduite (10 stations de mesures AIRFOBEP) qui parfois déstructure localement la cartographie (« effacement des concentrations simulées au niveau des principaux axes routiers » ou à l'inverse « propagation de valeurs élevées relatives à la signature d'un site industriel »). Cette méthode a donc été abandonnée au profit d'une méthode par krigeage.

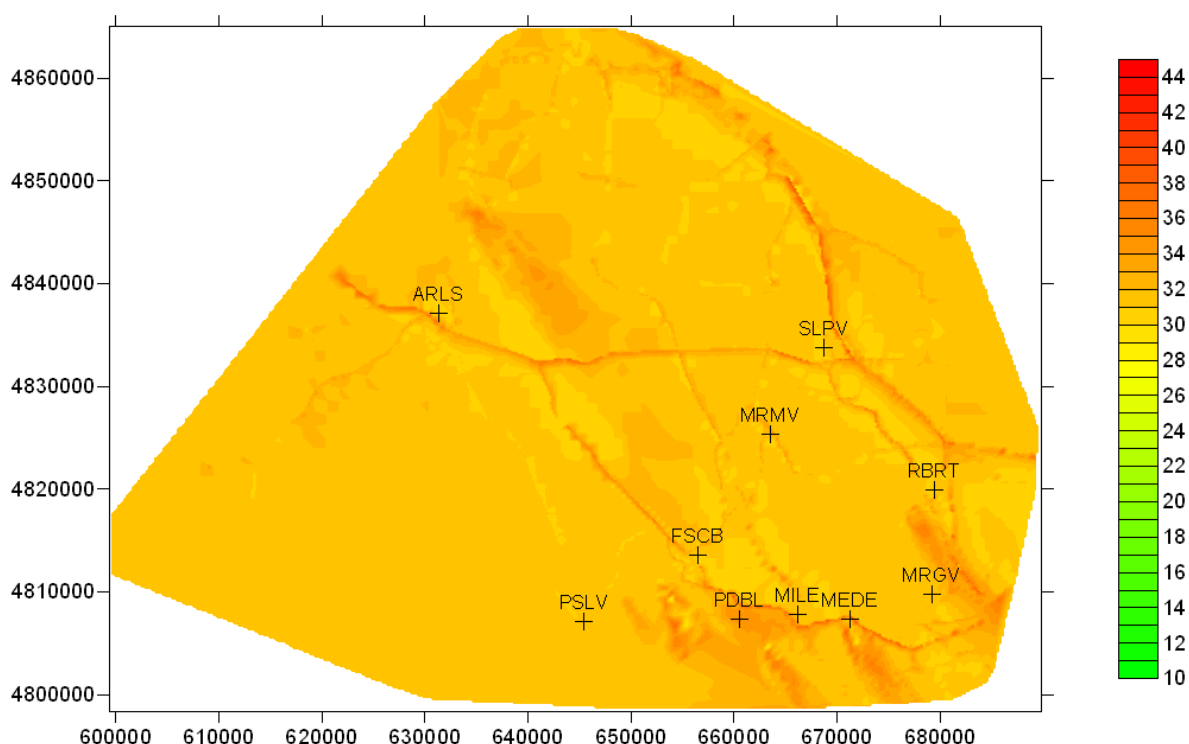


Figure 14 - Exemple de production d'une carte analysée au moyen de l'interpolation en 1/R2 (en haut : carte avant interpolation des données d'observation, en bas : carte après interpolation des données d'observation)

b. Interpolation géostatistique par krigeage

Le krigeage est une méthode d'interpolation spatiale qui permet une estimation linéaire basée sur l'espérance mathématique et aussi sur la variance de la donnée spatialisée. A ce titre le krigeage se base sur le calcul, l'interprétation et la modélisation du variogramme qui est une appréciation de la variance en fonction de la distance entre données.

Il existe plusieurs types de krigeage, seuls certains d'entre eux sont applicables au cas qui nous intéressent ici :

- ✓ krigeage des observations,
- ✓ krigeage des innovations,

- ✓ krigeage avec le modèle en dérive externe.

Chacune de ces méthodes a ses spécificités en terme de temps de calcul et de difficulté de mise en œuvre. Dans le cadre de ce projet, c'est une méthode de krigeage des innovations qui a été retenue. Cette méthode est celle utilisée par l'INERIS dans le cadre de la plate-forme PREVAIR pour l'assimilation des données d'observations d'ozone. Cette méthode est également celle reprise par différentes AASQA pour « régionaliser » les prévisions PREVAIR sur leur domaine d'intervention en intégrant leurs mesures locales. Contrairement au krigeage des observations qui ne s'intéressent qu'aux observations, le krigeage des innovations consiste à ajouter aux résultats du modèle une combinaison linéaire des erreurs (différences modèle-mesure) calculés aux stations de mesure. Autrement dit, cette méthode est une adaptation statistique qui permet de corriger par les observations les simulations de concentration. La méthode utilisée est décrite dans les deux rapports suivants : « Honoré C., Malherbe L., 2003, Application de modèles grande échelle à la problématique régionale : cas de l'ozone, Rapport LCSQA » et « Honoré C., Malherbe L., 2004, Application de modèles grande échelle à la problématique régionale : cartographie de l'ozone et du dioxyde d'azote, Rapport LCSQA ». A noter que pour un polluant plus local, tel que le NO₂, la méthode préconisée introduit des variables externes tel que, altitude, flux d'émission, occupation des sols ... Dans le cadre des PMs, l'importance du fond qui n'est pas modélisé font que la méthode pour l'ozone est applicable.

Dans la méthode de krigeage des innovations, l'hypothèse formulée est que la concentration du polluant considéré en un point p est la somme de la concentration obtenue par modélisation en ce point et d'un résidu aléatoire :

$$Z(p) = \text{mod}(p) + \tilde{Z}(p)$$

Aux points p_s des stations de mesure, ce résidu est la différence entre la concentration mesurée et concentration simulée. On désigne cette différence sous le terme d'innovations.

Le krigeage des innovations consiste à interpoler par krigeage ordinaire la variable \tilde{Z} aux points de la grille. En un point p de cette grille, l'estimation de Z s'obtient donc en ajoutant au modèle la valeur interpolée de \tilde{Z} :

$$\tilde{Z}(p) = \text{mod}(p) + \sum_i \lambda_i \tilde{Z}(p_i)$$

- $\text{mod}(p)$ est la valeur du modèle au point p .
- $\tilde{Z}(p_s)$ est l'innovation à la station de mesure p_s , calculée par la relation :

$$\tilde{Z}(p_s) = Z(p_s) - \text{mod}(p_s)$$

- $Z(p_s)$: observation au point p_s
- $\text{mod}(p_s)$: valeur du modèle interpolée au point p_s

Les poids λ_i sont alors solutions du système de krigeage associé à la variable \tilde{Z}



Interface de contrôle, calculs statistiques et performances de la plate-forme

5.1. Interface de contrôle

5.2. Calculs statistiques

5.3. Performances de la plate-forme

5. Interface de contrôle, calculs statistiques et performances de la plate-forme

La plate-forme opérationnelle PM, dont le fonctionnement est détaillé dans le chapitre suivant (chapitre 6), est opérée par NUMTECH au sein de ses locaux de par la lourdeur des calculs de dispersion et la nécessité de posséder le logiciel ADMS-URBAN. A ce titre, un applicatif spécifique a été conçu par NUMTECH (voir chapitre 6) afin d'automatiser toutes les opérations de mise en fonctionnement de la plate-forme, allant du rapatriement des données d'observations météorologiques ou chimiques et des prévisions météorologiques à partir des bases de données METEORES et BADOS d'AIRFOBEP, les calculs avec ADMS-URBAN, la production de cartographies et l'envoi sur le site ftp de SIMALIS pour affichage sur le site internet dédié à AIRFOBEP et au final la sauvegarde dans BADOS des champs de concentrations simulés.

Bien que cet applicatif permette notamment l'envoi d'e-mails pour le suivi du bon fonctionnement et déroulement des étapes de production, il a semblé important qu'AIRFOBEP puisse disposer d'un moyen de contrôle actif du fonctionnement de la plate-forme. En conséquence, une interface de contrôle disponible via un site internet a été développée. Cette interface est décrite dans la section 5.1.

En outre, dans le but de suivre le bon fonctionnement de la plate-forme en terme de performance de modélisation, un module de statistiques a été mis en place. Celui-ci permet de comparer les mesures, faites aux stations AIRFOBEP, aux simulations effectuées quotidiennement. c'est-à-dire qu'il permet de suivre au jour-le-jour, via l'interface web de contrôle, les performances de la plate-forme. De plus, ce module a été upgradé afin de calculer des statistiques de performances globales de la plate-forme en pouvant sélectionner des périodes de calcul. Les statistiques calculées ainsi que les interfaces associées sont présentées dans la section 5.2.

Enfin, dans la section 5.3 sont présentés les premiers résultats de performances de la plate-forme sur la période de mise en fonctionnement opérationnel de celle-ci.

5.1. Interface de contrôle

Cette interface web de contrôle a plusieurs fonctions :

- Afficher et suivre le log du bon fonctionnement des différentes opérations réalisées chaque nuit par la plate-forme opérationnelle. En cas de dysfonctionnement, il peut être proposé en option de pouvoir relancer un processus qui n'aurait pas abouti à travers cette interface. A noter alors que cette fonctionnalité de relance l'est également à partir de l'applicatif spécifique NUMTECH. Si la relance est effectuée par NUMTECH par cet applicatif, cela sera visible sur la fenêtre log de l'interface web pour éviter tout problème de relance croisée. Sur cette page seront également affichés les indicateurs de qualité du bon fonctionnement de l'application ainsi que les indices de confiance.
- Afficher les cartes produites par NUMTECH avec SURFER. Ceci permet de contrôler la cohérence des cartes affichées sur le site SIMALIS et ainsi de pointer éventuellement un problème de transfert ftp entre NUMTECH et SIMALIS.
- Afficher les statistiques journalières pour un suivi quotidien des performances. Des indicateurs d'alerte pourront éventuellement être prévus et affichés au niveau de cette fenêtre.
- Calculer et afficher des statistiques de performance sur une période donnée.

Les deux figures suivantes présentent ainsi un exemple de visualisation de la fenêtre de log et de l'affichage cartographique. Les deux autres interfaces statistiques sont présentées dans la section 5.2.

A noter que les interfaces présentées sont des interfaces en cours de construction :

- des ajustements sur le titre des sections et sous-sections sont en cours, en particulier sur l'affichage des différentes statistiques (horaires, journalières, ...),
- pour la partie cartographique, une légende sera ajoutée. Celle-ci sera la même que celle utilisée sur le site SIMALIS,
- nous attendons la validation définitive de ces interfaces par AIRFOBEP.



Figure 15 - Exemple d'affichage de la fenêtre « log » de l'interface web de contrôle

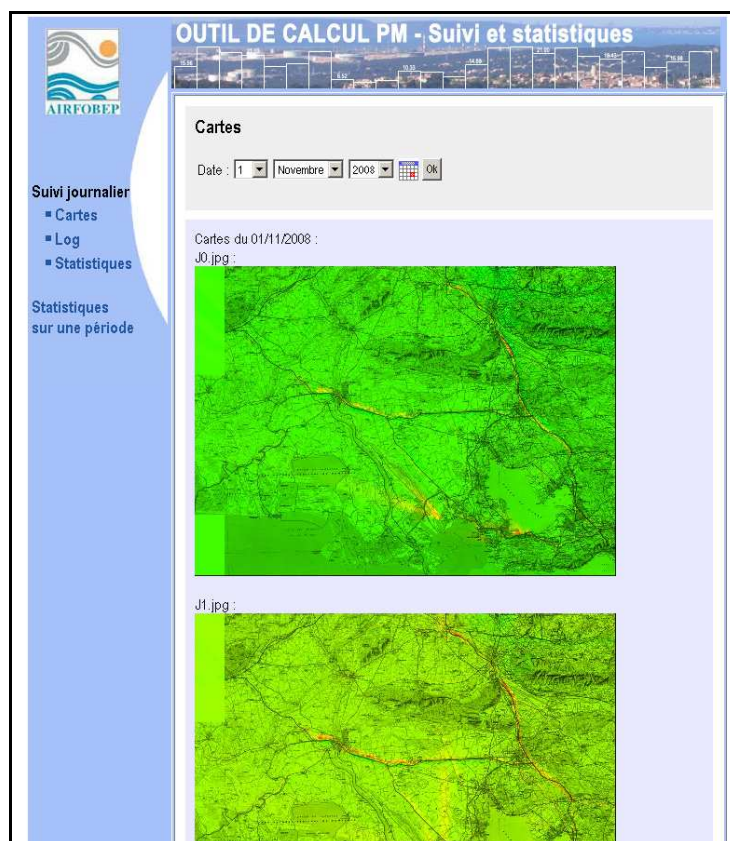


Figure 16 - Exemple d'affichage de la fenêtre « Cartes » de l'interface web de contrôle

5.2. Calculs statistiques

En complément des fichiers de sorties journalières de simulations sur une grille 2D permettant la création de cartographies (voir section 6.2), un fichier texte est créé (et mis à jour) chaque jour pour le jour J-1. Ce fichier texte contient pour chaque heure de la journée et pour chaque station la valeur mesurée, ainsi que les valeurs simulées avec la simulation basée sur les observations de ce jour (calcul J-1 du jour J), avec la prévision J du jour précédent (J-1) et avec la prévision J+1 du jour J-2. Ceci permet ainsi de pouvoir comparer d'une part les observations et d'autre part les résultats de simulation de ce jour à partir des calculs J-1, J et J+1. A noter qu'en réalité, les valeurs simulées sont les valeurs brutes, les valeurs brutes+fond et les valeurs brutes+fond+biais. Néanmoins, tous les calculs statistiques et de performance portent sur les valeurs brutes+fond+biais.

A partir de ces fichiers textes, deux types d'affichage statistique sont alors réalisés :

- Un affichage des statistiques au jour le jour :

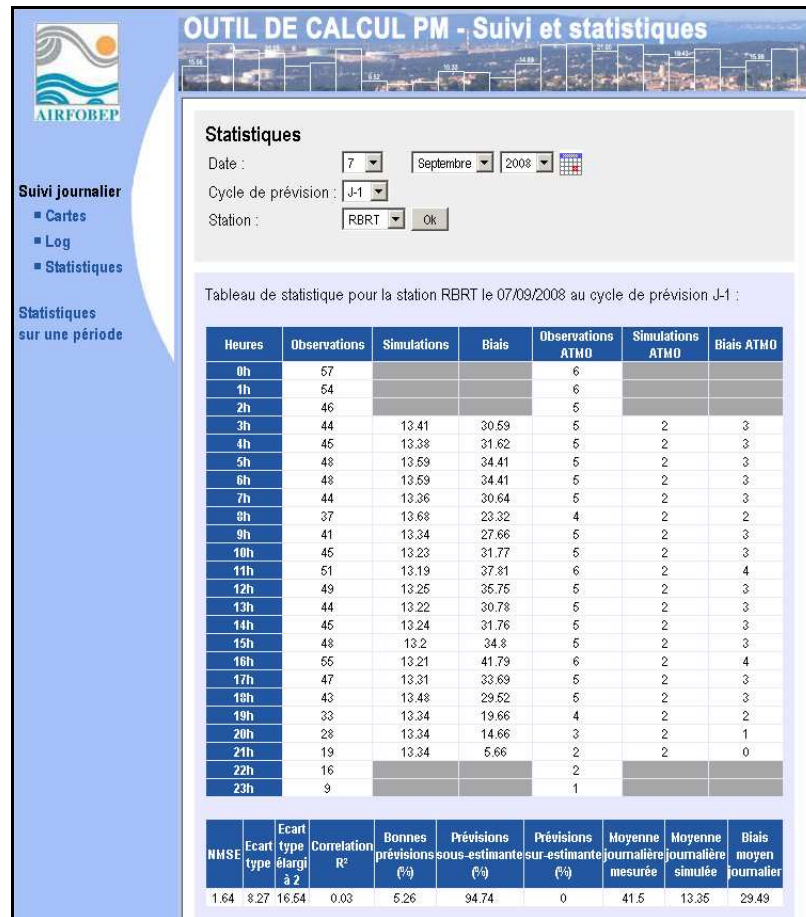


Figure 17 – Exemple d’affichage de la fenêtre « statistiques journalières » de l’interface web de contrôle

Dans l’interface correspondante, le jour J, les mesures effectuées pour J-1 sont comparées à :

- la simulation de J-1 obtenue le jour J,
- la simulation de J effectuée le jour J-1,
- la simulation de J+1 effectuée le jour J-2.

Les statistiques horaires qui sont alors calculées et affichées sont les suivantes :

1. valeur horaire observée
2. valeur horaire simulée
3. biais¹ entre la valeur horaire simulée et la valeur horaire observée
4. Le sous-indice ATMO issu de la valeur horaire observée
5. Le sous-indice ATMO issu de la valeur horaire simulée
6. Le biais en terme de sous-indice ATMO entre observation et simulation.

Ces statistiques concernent une station donnée ou toute les stations, un cycle de prévision donné (J-1², J ou J+1) et une date donnée. L’affichage par défaut de l’interface est la date du jour courant. Cependant, il est possible de choisir une date passée afin de visualiser les statistiques journalières de toute date.

¹ Un biais négatif correspond à une sous-estimation des simulations par rapport aux observations, et un biais positif à une sur-estimation.

² Ceci correspond bien évidemment aux valeurs J-1 avant création de la carte analysée.

• **Un calcul et affichage des statistiques de performance sur une période donnée :**

Cette interface (voir figure suivante) permet de calculer et afficher les performances de la plate-forme PM sur une période donnée. Ces calculs et affichages sont réalisés pour une station donnée ou l'ensemble des stations, et un cycle de prévision donné (J-1³, J et J+1). Plusieurs niveaux de calculs de performances sont alors calculés :

- des statistiques sur les concentrations horaires :
 - ✓ Par classe de concentration, le nombre d'éléments observés, le nombre d'éléments simulés, par rapport aux observations le biais moyen simulé, la quantile 2.5% des erreurs, le quantile 97.5% des erreurs et l'intervalle à 95%
 - ✓ Les classes de concentration retenues sont celles du sous-indice ATMO, à savoir : 0-9, 10-19, 20-29, 30-39, 40-49, 50-64, 65-79, 80-99, 100-124 et > 124 µg/m³.
- des statistiques sur les sous-indices ATMO horaires :
 - ✓ Pour chaque sous-indice ATMO, le nombre d'éléments observés, le % de bonne prévision de ces éléments observés, le % de prévisions sous-estimantes, le % de prévisions sur-estimantes et le biais moyen simulé.
- des statistiques sur les maximums horaires journaliers :
 - ✓ La moyenne des concentrations maximales horaires journalières mesurées
 - ✓ La moyenne des concentrations maximales horaires journalières simulées
 - ✓ Le biais moyen entre ces moyennes
 - ✓ La moyenne des sous-indices maximaux horaires journaliers mesurés
 - ✓ La moyenne des sous-indices maximaux horaires journaliers simulés
 - ✓ Le biais moyen entre ces moyennes
- des statistiques sur les moyennes journalières :
 - ✓ Par classe de concentration, le nombre d'éléments observés, le nombre d'éléments simulés, par rapport aux observations le biais moyen simulé, la quantile 2.5% des erreurs, le quantile 97.5% des erreurs et l'intervalle à 95%
 - ✓ Les classes de concentration retenues sont : 0-9, 10-14, 15-19, 20-24, 25-29, 30-34, 35-39, 40-44, 45-49 et > 49 µg/m³.
 - ✓ NMSE journalier (erreur quadratique moyenne normalisée).
 - ✓ Ecart type des biais journaliers.
 - ✓ Ecart type élargie à 2 des biais journaliers.
 - ✓ Coefficient de corrélation R² journalier.
 - ✓ Pourcentage de bonne prévision (sous-indice ATMO) sur la journée.
 - ✓ Pourcentage de prévision (sous-indice ATMO) sous-estimante sur la journée.
 - ✓ Pourcentage de prévision (sous-indice ATMO) sur-estimante sur la journée.
 - ✓ Le biais moyen sur le sous-indice ATMO.
 - ✓ La moyenne des moyennes journalières mesurées.
 - ✓ La moyenne des moyennes journalières simulée.
 - ✓ Le biais moyen entre ces moyennes.
- des statistiques sur les dépassements de la valeur seuil de 50 µg/m³ pour les moyennes journalières (vis-à-vis des observations d'une part, et vis-à-vis des simulations d'autre part) :
 - ✓ le nombre et la liste des journées concernées sur la base des observations : la valeur observée⁴, la valeur simulée⁵ et le biais sont alors affichés.
 - ✓ le nombre et la liste des journées concernées sur la base des simulations : la valeur observée⁶, la valeur simulée⁷ et le biais sont alors affichés


³ Ceci correspond bien évidemment aux valeurs J-1 avant création de la carte analysée.

⁴ Dans chacun des cas, le nombre d'heures disponibles pour le calcul de la moyenne sera affiché.

⁵ Dans chacun des cas, le nombre d'heures disponibles pour le calcul de la moyenne sera affiché.

⁶ Dans chacun des cas, le nombre d'heures disponibles pour le calcul de la moyenne sera affiché.

⁷ Dans chacun des cas, le nombre d'heures disponibles pour le calcul de la moyenne sera affiché.



OUTIL DE CALCUL PM - Suivi et statistiques

Statistiques sur une période définie

Date de début (inclusive) : 1 Juin 2008

Date de fin (inclusive) : 31 Septembre 2008

Cycle de prévision : J+1

Station : MEDE

Tableau de statistique pour la station MEDE du 01/06/2008 au 31/09/2008 le jour J+1 :

Classes	Nb elts obs	Nb elts simulés	biais	Quantile 0.025	Quantile 0.975	Intervalle à 95%
0-9	53	98	-7.93	-24.25	5.72	29.97
10-19	372	161	0.42	-24.21	14.35	38.56
20-29	588	83	8.93	-13.42	22.3	35.72
30-39	544	22	17.77	-3.3	33.41	36.71
40-49	367	4	26.47	0.45	43.23	42.78
50-64	265	1	35.17	-8.01	58.6	66.61
65-79	88		51.63	37.98	64.98	27
80-99	53		77.64	68.28	91.04	22.76
100-124	42		104.22	69.54	121.95	52.41
>124	23		167.13	139.2	215.44	76.24

Indice ATMO ISSUS des mesures	Nb elts obs	Bonne prévision de l'indice ATMO (%)	Prévision sous estimante (%)	Prévision sur estimante (%)	Biais moyen sur l'indice ATMO concerné
1	53	37.5	0	62.5	-0.75
2	372	32.69	36.54	30.77	-0.02
3	588	20.73	74.39	4.88	0.93
4	544	4.62	93.85	1.54	1.88
5	367	2.22	97.78	0	2.71
6	265	3.7	96.3	0	3.44
7	88	0	100	0	4.65
8	53	0	100	0	6.4
9	42	0	100	0	7.57
10	23	0	100	0	8.33

Moyenne des max horaire journaliers mesurés	Moyenne des max horaire journaliers simulés	Biais moyen sur les max horaires journaliers	Moyenne des indices ATMO max journaliers mesurés	Moyenne des indices ATMO max journaliers simulés	Biais moyen sur les indices ATMO max journaliers
65.07	17.72	50.21	9.26	5.79	7.02

Classes	Nb elts obs	Nb elts simulés	biais	Quantile 0.025	Quantile 0.975	Intervalle à 95%
<10	1	23	-16.63	-16.63	-16.63	0
≥10 - <15	1	34	-1.84	-1.84	-1.84	0
≥15 - <20	8	19	1.16	-16.29	10.44	26.73
≥20 - <25	13	9	10.44	-4.29	19	23.29
≥25 - <30	21	12	11.14	-3.23	23.02	26.25
≥30 - <35	11	5	17.33	9.51	24.13	14.62
≥35 - <40	15	1	18.73	6.9	30.58	23.68
≥40 - <45	14		26.22	13.18	38.18	25
≥45 - <50	10		24.45	-1.62	37.81	39.43
≥50	16	9	54.75	17.63	84.01	66.38

Jour	Concentration observée (µg/m³)	Concentration simulée (µg/m³)	Biais
01/07/2008	56.04 / 24h	10.39 / 2h	45.65
02/07/2008	58.33 / 24h	26.51 / 4h	31.82
21/07/2008	63.38 / 24h	3.16 / 3h	60.22
26/07/2008	51.67 / 24h	19.45 / 2h	32.22
27/07/2008	67.29 / 21h	15.45 / 2h	51.84
30/07/2008	58.46 / 24h	3.4 / 4h	55.06
31/07/2008	57.3 / 20h	11.21 / 2h	46.09
02/08/2008	59.83 / 24h	7.68 / 3h	52.15
05/08/2008	64.92 / 24h	4.96 / 3h	59.96
08/08/2008	84.67 / 24h	7.11 / 4h	77.56
09/08/2008	82.5 / 8h	11.34 / 4h	71.16
12/08/2008	89.26 / 23h	2.58 / 3h	86.68
13/08/2008	91.54 / 24h	11.55 / 4h	79.99
23/08/2008	61.1 / 20h	6.41 / 3h	54.69
06/09/2008	56.18 / 17h	38.55 / 4h	17.63
08/09/2008	62.75 / 16h	9.48 / 4h	53.27
Total : 16			Biais moyen : 54.75

Jour	Concentration observée (µg/m³)	Concentration simulée (µg/m³)	Biais
12/06/2008	49.21 / 24h	50.83 / 2h	-1.62
Total : 1			Biais moyen : -1.62

NMSE	Ecart type	Ecart type élargi à 2	Correlation R²	Bonnes prévisions (%)	Prévisions sous-estimante (%)	Prévisions sur-estimante (%)	Moyenne journalière mesurée	Moyenne journalière simulée	Biais moyen journalier
3.96	13.7	27.4	0.6	13.63	78.13	8.25	36.97	16.02	21.96

Figure 18 - Exemple d'affichage de la fenêtre « statistiques globale » de l'interface web de contrôle

5.3. Performances de la plate-forme

Sur la période de fonctionnement opérationnel de la plate-forme (soit du 1er juin 2008 au 31 octobre 2008), une première évaluation des performances a été réalisée. Il faut cependant noter que cette évaluation ne correspond qu'à des résultats préliminaires et sera à ré-évaluer après re-constitution de l'historique sur l'année 2008 avec la configuration finale de la plate-forme. En effet, sur la période retenue, de nombreux ajustements ont été réalisés, ajustements qui impacte les calculs de performance. On peut ainsi citer :

- la mise à jour du biais utilisé,
- la mise à jour du fond utilisé (par exemple, le fond climatologique horaire et saisonnier a été activé après ces calculs de performance),
- modification de l'initialisation météorologique : initialement une station différente par grille, puis préférence à Salon de Provence pour l'ensemble des grilles, puis de Istres.

Concernant le biais, il faut cependant rappeler, comme cela a été évoqué précédemment, que les performances présentées ici sont faites sur la base du dernier biais qui a été appliqué à l'ensemble de la période. Mais, la prise en compte de ce dernier biais ne l'est qu'au niveau des fichiers statistiques aux stations, tandis que les cartographies présentes à ce jour sur le site de SIMALIS restent celles qui été réalisées avec les différents biais qui se sont succédés sur la période. L'ensemble des cartographies et des calculs sera refait pour l'année 2008 afin de disposer d'un ensemble cohérent (voir le chapitre conclusions).

Les trois tableaux ci-dessous présentent les performances obtenues sur chacune des stations pour la concentration moyenne journalière, respectivement pour les cycles de prévisions J-1, J et J+1. On observe que globalement les performances sont stables ou décroissent légèrement en passant du cycle J-1 aux cycles J et J+1, ce qui est à priori logique. Pour rappel, puisque le cycle J-1 est basé sur les observations météorologiques, tandis que les cycles J et +1 sont basés sur des prévisions météorologiques. Notons toutefois que dans de nombreux cas, les performances du cycle J+1 est meilleure que le cycle J, voir même du cycle J-1 (cas du paramètre de corrélation). Il faut cependant rappeler que les moyennes sont calculées, en toute théorie, sur 24 échéances à J-1, 8 à J et 4 à J+1, ce qui peut probablement expliquer cette évolution des performances.

Pour J-1, le biais moyen est compris d'environ +/- 5 µg/m³ avec une tendance à la sur-estimation. Ceci se retrouve sur les % de bonnes prévisions, de prévisions sous-estimantes et de prévisions sur-estimantes qui sont respectivement de 30%, 30% et 40%. L'écart type élargi à 2 entre 10 et 20 µg/m³ et la NMSE inférieur à 1.

STATIONS	NMSE	Ecart type	Ecart type élargi à 2	Corrélation R ²	Bonnes prévisions (%)	Prévisions sous-estimante (%)	Prévisions sur-estimante (%)	Moyenne journalière mesurée	Moyenne journalière simulée	Biais moyen journalier
ARLS	0,20	6,90	13,80	0,37	34,00	25,00	41,00	28,76	31,14	2,05
FSCB	0,31	7,80	15,59	0,33	29,00	22,00	49,00	29,39	31,98	3,24
MEDE	0,50	10,04	20,07	0,28	25,00	36,00	39,00	35,84	32,87	-2,87
MRGV	0,22	9,97	19,94	0,30	31,00	37,00	32,00	33,29	32,10	-1,47
MRMV	0,19	5,86	11,73	0,37	33,00	21,00	46,00	28,47	31,49	3,72
PDBL	0,18	7,94	15,89	0,28	31,00	28,00	41,00	31,39	33,49	1,47
RBRT	0,24	6,12	12,24	0,33	27,00	21,00	52,00	27,07	31,83	5,23
SLPV	0,25	7,74	15,47	0,34	28,00	30,00	43,00	31,36	31,61	0,99

Tableau 6 – Performances aux stations sur la concentration moyenne journalière (en µg/m³) (période du 1er juin 2008 au 31 octobre 2008) pour le cycle de simulation J-1

STATIONS	NMSE	Ecart type	Ecart type élargi à 2	Corrélation R ²	Bonnes prévisions (%)	Prévisions sous-estimante (%)	Prévisions sur-estimante (%)	Moyenne journalière mesurée	Moyenne journalière simulée	Biais moyen journalier
ARLS	0,27	8,28	16,57	0,28	30,00	29,00	41,00	28,76	31,27	2,79
FSCB	0,38	10,69	21,38	0,30	26,00	29,00	45,00	29,39	32,26	2,57
MEDE	0,49	13,91	27,83	0,30	23,00	41,00	36,00	35,84	32,93	-3,95
MRGV	0,31	11,99	23,97	0,28	28,00	40,00	32,00	33,29	31,97	-1,86
MRMV	0,25	7,49	14,97	0,33	31,00	27,00	42,00	28,47	31,59	3,17
PDBL	0,26	10,11	20,21	0,26	27,00	32,00	41,00	31,39	33,41	1,36
RBRT	0,30	8,17	16,34	0,33	32,00	24,00	44,00	27,07	31,82	4,48
SLPV	0,34	9,85	19,70	0,28	30,00	33,00	38,00	31,36	31,84	0,39

Tableau 7 – Performances aux stations sur la concentration moyenne journalière (en µg/m³) (période du 1er juin 2008 au 31 octobre 2008) pour le cycle de simulation J

STATIONS	NMSE	Ecart type	Ecart type élargi à 2	Corrélation R ²	Bonnes prévisions (%)	Prévisions sous-estimante (%)	Prévisions sur-estimante (%)	Moyenne journalière mesurée	Moyenne journalière simulée	Biais moyen journalier
ARLS	0,32	7,66	15,33	0,52	27,00	31,00	42,00	28,76	31,42	3,11
FSCB	0,43	9,08	18,17	0,50	25,00	28,00	47,00	29,39	32,71	3,70
MEDE	0,61	12,63	25,26	0,53	23,00	40,00	37,00	35,84	33,43	-2,66
MRGV	0,34	10,20	20,39	0,47	23,00	42,00	36,00	33,29	32,19	-1,20
MRMV	0,32	6,81	13,63	0,48	26,00	31,00	42,00	28,47	31,80	3,45
PDBL	0,31	8,97	17,94	0,42	25,00	37,00	38,00	31,39	33,73	1,21
RBRT	0,38	7,57	15,13	0,51	23,00	30,00	46,00	27,07	32,11	4,57
SLPV	0,39	8,64	17,28	0,54	24,00	37,00	39,00	31,36	32,02	0,83

Tableau 8 – Performances aux stations sur la concentration moyenne journalière (en µg/m³) (période du 1er juin 2008 au 31 octobre 2008) pour le cycle de simulation J+1

Concernant les biais sur la moyenne journalière, il est intéressant de regarder comment se distribue ces biais en fonction de la gamme de concentration. Le tableau suivant illustre ainsi les résultats obtenus sur les concentrations journalières à la station de Salon de Provence (cycle J-1 uniquement). On observe que les concentrations moyennes journalières inférieures à 15 µg/m³ sont sur-estimées (biais d'environ 10 µg/m³), alors qu'à l'inverse les concentrations observées de plus de 40 µg/m³ sont sous-estimées (biais de -7 à -18 µg/m³). Entre ces deux seuils de concentrations, le biais moyen est relativement faible.

Classes	Nb elts obs	Nb elts simulés	biais	Quantile 0.025	Quantile 0.975	Intervalle à 95%
<10	2		11,61	10,19	12,89	2,70
≥10 - <15	6		10,11	3,76	15,32	11,56
≥15 - <20	24	20	6,05	-2,60	14,70	17,30
≥20 - <25	20	16	2,10	-6,48	8,46	14,94
≥25 - <30	24	40	5,80	-11,81	20,22	32,03
≥30 - <35	23	24	-1,80	-14,05	7,48	21,53
≥35 - <40	20	15	0,48	-18,12	12,17	30,29
≥40 - <45	10	13	-7,50	-27,04	4,86	31,90
≥45 - <50	10	11	-10,57	-31,21	2,22	33,43
≥50	9	5	-18,04	-35,76	7,01	42,77

Tableau 9 – Performances calculées par classes de concentration moyenne journalière (en µg/m³) à la station de Salon de Provence (période du 1er juin 2008 au 31 octobre 2008) pour le cycle de simulation J-1

Il est intéressant alors de regarder comment se distribuent les erreurs par rapports aux concentrations horaires. Le tableau suivant est identique au précédent sauf qu'il porte sur les concentrations horaires (toujours pour le cycle J-1). On observe que les concentrations horaires inférieures à 40 µg/m³ sont en moyenne sur-estimées, ceci d'autant plus

que les concentrations sont faibles (il n'y a aucune concentration horaire simulée en dessous de 9 µg/m³ contrairement aux observations). Le biais moyen varie alors de 2 à 13 µg/m³. A l'inverse, au dessus de 40 µg/m³, les concentrations observées sont sous-estimées, en particulier pour les fortes concentrations. Si des pics horaires supérieurs à 100 µg/m³ sont observés, aucune concentration horaire simulée ne dépasse 100 µg/m³. Le biais moyen varie alors de 6 à 80 µg/m³.

Classes	Nb elts obs	Nb elts simulés	biais	Quantile 0.025	Quantile 0.975	Intervalle à 95%
0-9	134		13,05	6,80	18,78	11,98
10-19	798	369	9,12	-2,17	20,69	22,86
20-29	933	541	6,69	-10,00	23,52	33,52
30-39	715	463	1,64	-18,20	17,20	35,4
40-49	381	366	-6,37	-25,24	13,13	38,37
50-64	290	75	-13,41	-39,03	19,60	58,63
65-79	105	44	-25,64	-59,53	14,08	73,61
80-99	53	10	-31,67	-69,10	0,29	69,39
100-124	16		-38,32	-63,54	-9,96	53,58
>124	10		-82,33	-167,44	-62,11	105,33

Tableau 10 – Performances calculées par classes de concentration horaire (en µg/m³) à la station de Salon de Provence(période du 1er juin 2008 au 31 octobre 2008) pour le cycle de simulation J-1

Notons tout de même qu'il y a des différences entre le nombre total d'échéances observées et simulées, aussi bien sur les moyennes journalières que les concentrations horaires (tableaux 9 et 10), qui montre que re-simuler l'ensemble de l'année 2008 est à priori nécessaire pour disposer d'un jeu de sorties cohérents et complets.

Notons également que nous avons un comportement différent d'une station à l'autre, même si une tendance générale se dessine. Ceci s'observe sur le tableau suivant qui présente la liste des différents dépassements observés pour le seuil réglementaire de 50 µg/m³ pour la concentration moyenne journalière et le résultat obtenu pour les simulations (cycle J-1) sur les mêmes jours de dépassement. En moyenne, la simulation sous-estime de 5 à 10 µg/m³ les observations, sauf pour La Mède avec une sous-estimation de 28 µg/m³. Ceci est probablement lié au fait que le site de La Mède est impacté par une raffinerie et une carrière proche, et qu'il y a peut être des différences notables entre les émissions réelles et l'inventaire d'émission utilisé. Pour Salon de Provence, on observe également une plus forte sous-estimation (18 µg/m³), alors que RBRT est la seule station qui présente un biais moyen positif de 4 µg/m³. En réalité sur 5 dépassements à RBRT, 3 sont sur-estimés et 2 sous-estimés ; et quand on observe les différents dépassements, on remarque que pour les stations avec un biais (positif ou négatif) inférieur à 10 µg/m³, on a généralement des dépassements observés qui sont sur-estimés et sous-estimés. Par exemple, le biais moyen négatif sur ARLS est en partie lié à une forte sous-estimation (-40 µg/m³) sur une journée parmi 5 jours de dépassement.

STATIONS	Jour	Concentration observée (µg/m ³)	Concentration simulée (µg/m ³)	Biais	Biais moyen	Total jour
ARLS	06/09/2008	60.25 / 4h	19.94 / 9h	-40,31	-6,85	5
	14/10/2008	50.88 / 24h	60.72 / 17h	9,84		
	15/10/2008	66.75 / 24h	74.69 / 19h	7,94		
	16/10/2008	80.92 / 24h	82.01 / 18h	1,09		
	17/10/2008	74.33 / 24h	61.51 / 16h	-12,82		
FSCB	05/08/2008	50.46 / 24h	19.97 / 4h	-30,49	-8,11	7
	06/09/2008	50.54 / 24h	21.16 / 9h	-29,38		
	12/09/2008	65.83 / 24h	65.07 / 21h	-0,76		
	14/10/2008	52.5 / 24h	61.32 / 17h	8,82		
	15/10/2008	68.71 / 24h	74.98 / 19h	6,27		
	16/10/2008	84.21 / 24h	82.37 / 18h	-1,84		
	17/10/2008	71.38 / 24h	61.96 / 16h	-9,42		
MEDE	01/07/2008	56.04 / 24h	50.96 / 11h	-5,08	-27,93	20
	02/07/2008	58.33 / 24h	46.8 / 17h	-11,53		
	21/07/2008	63.38 / 24h	37.12 / 4h	-26,26		
	26/07/2008	51.67 / 24h	32.98 / 14h	-18,69		

PLATE-FORME DE MODELISATION DES PM : MISES A JOUR 2010

	27/07/2008	67.29 / 21h	41.01 / 8h	-26,28		
	30/07/2008	58.46 / 24h	40.78 / 11h	-17,68		
	31/07/2008	57.3 / 20h	22.81 / 12h	-34,49		
	02/08/2008	59.83 / 24h	27.74 / 11h	-32,09		
	05/08/2008	64.92 / 24h	22.01 / 4h	-42,91		
	07/08/2008	60.63 / 24h	17.24 / 2h	-43,39		
	08/08/2008	84.67 / 24h	32.41 / 8h	-52,26		
	09/08/2008	82.5 / 8h	18.13 / 5h	-64,37		
	12/08/2008	86.54 / 24h	18.93 / 22h	-67,61		
	13/08/2008	91.54 / 24h	22.28 / 22h	-69,26		
	06/09/2008	58.71 / 24h	21.44 / 9h	-37,27		
	08/09/2008	50.35 / 23h	17.93 / 13h	-32,42		
	14/10/2008	50.04 / 24h	62.41 / 17h	12,37		
	15/10/2008	64.67 / 24h	76.09 / 19h	11,42		
	16/10/2008	73.96 / 24h	82.8 / 18h	8,84		
	17/10/2008	73 / 24h	63.41 / 16h	-9,59		
	MRGV	27/06/2008	54.33 / 24h	51.6 / 9h		
01/07/2008		56.29 / 24h	50.16 / 11h	-6,13		
27/07/2008		54.83 / 24h	38.97 / 8h	-15,86		
06/09/2008		50.5 / 24h	20.39 / 9h	-30,11		
11/09/2008		52.5 / 24h	38.45 / 20h	-14,05		
12/09/2008		77.04 / 24h	65.15 / 21h	-11,89		
14/10/2008		60.08 / 24h	61.11 / 17h	1,03		
15/10/2008		64.88 / 24h	75.32 / 19h	10,44		
16/10/2008		73.13 / 24h	83.36 / 18h	10,23		
17/10/2008	74.38 / 24h	61.77 / 16h	-12,61			
MRMV	28/06/2008	59.79 / 24h	46.44 / 11h	-13,35	-6,11	7
	26/07/2008	51.25 / 24h	30.92 / 14h	-20,33		
	11/09/2008	50.92 / 24h	37.53 / 20h	-13,39		
	12/09/2008	56.21 / 24h	64.93 / 21h	8,72		
	15/10/2008	69.75 / 24h	75.05 / 19h	5,30		
	16/10/2008	78.96 / 24h	82.69 / 18h	3,73		
	17/10/2008	74.88 / 24h	61.43 / 16h	-13,45		
PDBL	06/09/2008	65.46 / 24h	21.19 / 9h	-44,27	-3,71	6
	12/09/2008	58.45 / 22h	66.52 / 21h	8,07		
	14/10/2008	56.75 / 24h	62.52 / 17h	5,77		
	15/10/2008	73.08 / 24h	76.64 / 19h	3,56		
	16/10/2008	75.71 / 24h	85.23 / 18h	9,52		
	17/10/2008	68.58 / 24h	63.68 / 16h	-4,90		
RBRT	01/07/2008	53.04 / 24h	49.48 / 11h	-3,56	4,26	5
	12/09/2008	63.25 / 24h	65.17 / 21h	1,92		
	15/10/2008	60.29 / 24h	75.07 / 19h	14,78		
	16/10/2008	68.5 / 24h	82.99 / 18h	14,49		
	17/10/2008	68 / 24h	61.68 / 16h	-6,32		
SLPV	26/07/2008	50.71 / 24h	31.19 / 14h	-19,52	-18,04	9
	13/08/2008	51.09 / 22h	21.54 / 22h	-29,55		
	06/09/2008	53.08 / 24h	20.13 / 9h	-32,95		
	11/09/2008	73.63 / 24h	37.86 / 20h	-35,77		
	12/09/2008	96.21 / 24h	65.14 / 21h	-31,07		
	14/10/2008	58.38 / 24h	61.21 / 17h	2,83		
	15/10/2008	66.92 / 24h	75.13 / 19h	8,21		
	16/10/2008	85.46 / 24h	83.07 / 18h	-2,39		
	17/10/2008	83.75 / 24h	61.59 / 16h	-22,16		

Tableau 11 – Comparaison des moyennes journalières observées et simulées (cycle J-1) pour les jours de dépassement observés du seuil de 50 sur l'ensemble des stations (période du 1er juin 2008 au 31 octobre 2008). Le nombre d'heures associé à chaque concentration correspond au nombre d'heures utilisées pour calculer la moyenne journalière.

Pour conclure, rappelons que ces calculs de performances ne sont que préliminaires et qu'ils couvrent différentes options de fonctionnement de la plate-forme sur la période étudiée. Cette analyse devra être reprise quand l'ensemble des calculs sera repris sur l'année 2008 avec le fonctionnement définitif de la plate-forme. Cependant, les résultats obtenus sont encourageants.



Description de la plate-forme opérationnelle et de son fonctionnement

6.1. Architecture du système

6.2. Principe de fonctionnement

6.3. Applicatif NUMTECH

6.4. Configuration

6.5. Arbres de décision et indice de confiance

6.6. Relance de la plate-forme

6. Description de la plate-forme opérationnelle et de son fonctionnement

6.1. Architecture du système

L'outil de calcul PM est lié à différents systèmes opérationnels qui lui fournissent les données d'entrée qui sont nécessaires à son fonctionnement :

- la base de données météorologiques **METEORES** dans laquelle il récupère les mesures et les prévisions météorologiques ;
- la base de données chimiques **BADOS** dans laquelle il récupère les mesures chimiques.

A l'issue de ses calculs, l'outil de calcul PM livre différents types de résultats :

- des grilles de concentrations en PM10 au format binaire **.PGM** à destination du serveur FTP de **SIMALIS** pour l'affichage des **cartographies sur le site internet** ;
- des **images JPG** permettant de valider les résultats obtenus ;
- les **résultats intermédiaires et finaux** dans un format binaire compressé, qui pourront être utilisés pour analyse ultérieure (fichiers .gb) ;
- des fichiers de **sorties statistiques**, pour des comparatifs modèles/mesures sur J-1 ;
- un **journal des opérations réalisées**, qui est transmis par **e-mail**.

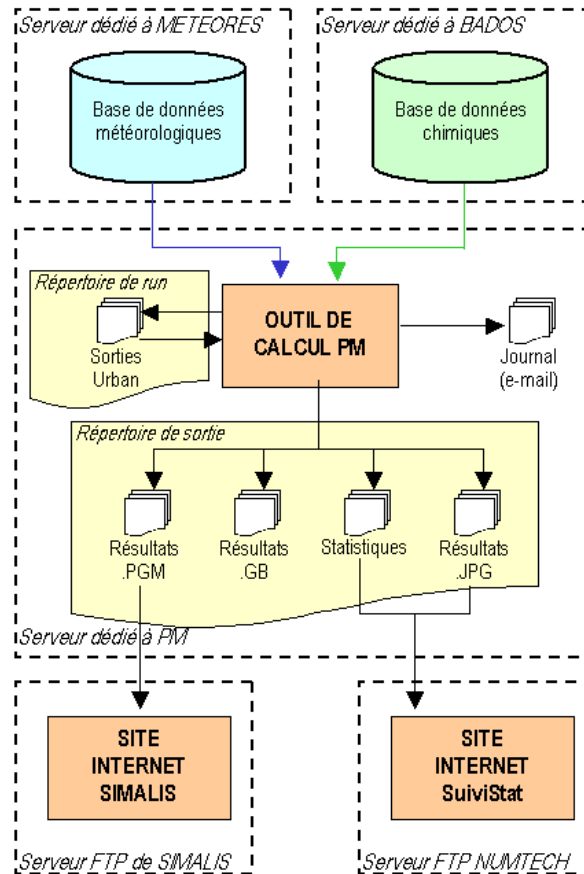


Figure 19 - Architecture du système sur une seule machine

La figure 19 présente une architecture du système sur une seule et même machine. Etant donné que les calculs nécessitent plusieurs heures de simulation ADMS Urban, **il est possible de diviser les calculs de l'application sur plusieurs machines**, comme dans l'architecture proposée par exemple dans la figure 20 :

- une première machine permet les calculs sur J-1, grâce à une instance de l'outil de calcul PM.
- une seconde machine permet les calculs en prévisions, grâce à 2 instances de l'outil de calcul PM : une pour les calculs sur J, une pour les calculs sur J+1.

Sur chacune des machines, l'outil de calcul PM est installé, et le fichier d'options associé permettra de définir l'échéance calculée par chaque application (se référer au chapitre 6.4 pour le paramétrage de l'application). A noter qu'il est nécessaire de disposer **d'un répertoire partagé entre les différentes machines utilisées : le répertoire de sortie**. En effet, les données du répertoire de sortie sont utilisées pour le calcul des statistiques : or celles-ci nécessitent simultanément des résultats sur J-1, J et J+1.

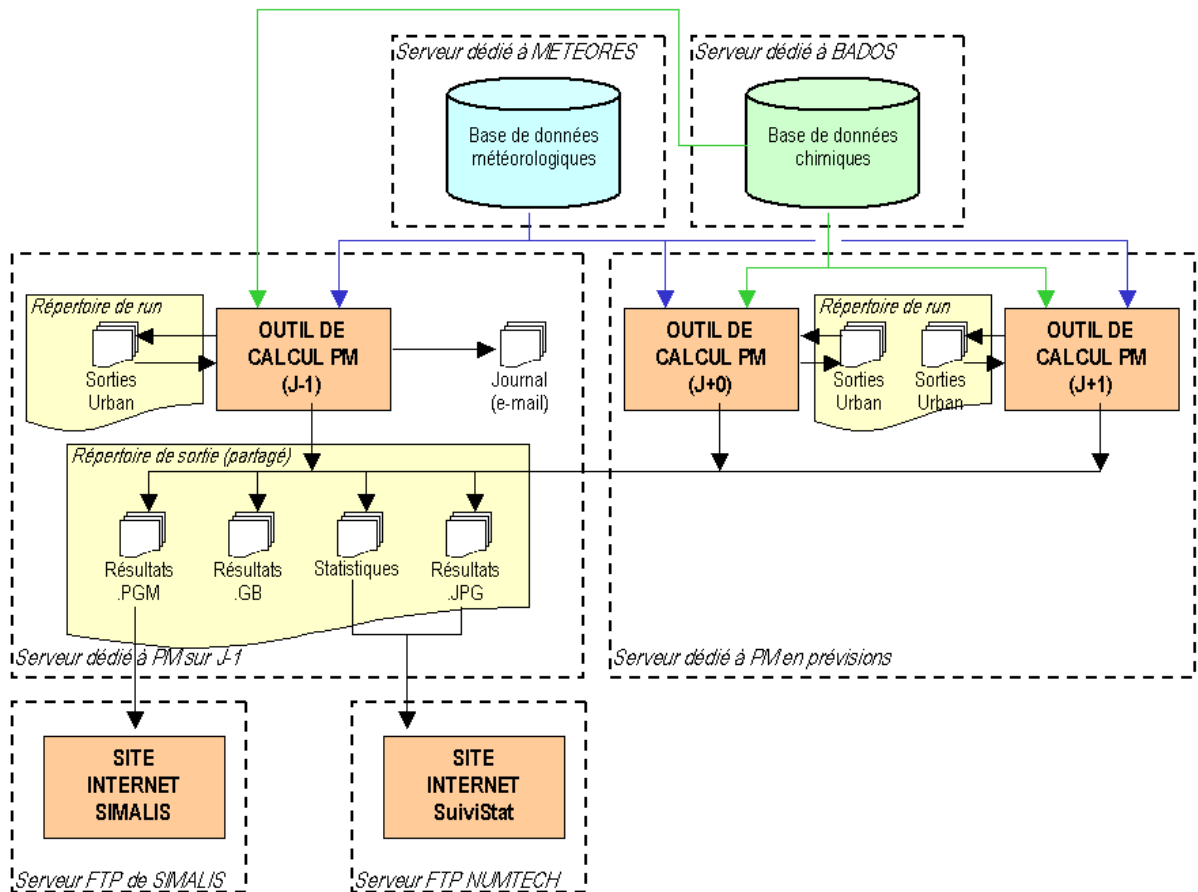


Figure 20 - Architecture du système sur plusieurs machines

6.2. Principe de fonctionnement

La plate-forme de calcul PM suit en opérationnel le principe de fonctionnement suivant :

1. L'outil de calcul PM crée un répertoire pour stocker les fichiers temporaires des calculs (répertoire « run ») et un répertoire pour le stockage des sorties, selon la date du jour.

Par exemple, le 12/01/2010, dans le cas d'une architecture monoposte (présentée à la figure 19) :

[répertoire de run]\20100112\
[répertoire des sorties]\20100112\

Dans le cas d'une architecture multiposte (présentée à la figure 20) :

- « l'outil de calcul PM (J-1) » crée un répertoire [machine J-1]\[répertoire de run]\20100112\
- « l'outil de calcul PM (J-1) » crée un répertoire [machine J-1]\[répertoire de sorties]\20100112\
- « l'outil de calcul PM (J+0) » crée un répertoire [machine prévi]\[répertoire de run]\20100112\
- « l'outil de calcul PM (J+0) » utilisera le répertoire [machine J-1]\[répertoire de sorties]\20100112\ partagé sur la machine « J-1 » pour les sorties.
- « l'outil de calcul PM (J+1) » crée un répertoire [machine prévi]\[répertoire de run]\20100112\
- « l'outil de calcul PM (J+1) » utilisera le répertoire [machine J-1]\[répertoire de sorties]\20100112\ partagé sur la machine « J-1 » pour les sorties.

2. Pour chacun des calculs à réaliser, l'outil de calcul PM va réaliser les opérations suivantes :

Dans le cas d'une architecture monoposte (présentée à la figure 19), les calculs seront définis dans l'ordre suivant : J, J+1, puis J-1 (les relevés de J-1 étant disponibles en derniers), et seront exécutés par une seule application.

Dans le cas d'une architecture multiposte (présentée à la figure 20), les calculs seront définis ainsi :

- uniquement J-1 réalisé par « l'outil de calcul PM (J-1) » fonctionnant sur la « machine J-1 »
- uniquement J réalisé par « l'outil de calcul PM (J+0) » fonctionnant sur la « machine prévi »
- uniquement J+1 réalisé par « l'outil de calcul PM (J+1) » fonctionnant sur la « machine prévi »

2.1 L'outil de calcul crée un fichier .MET contenant les données météorologiques en fonction de l'échéance à calculer, en utilisant les relevés météorologiques ou les prévisions :

2.1.1 S'il s'agit des calculs de J-1, le fichier .MET est issu des mesures météorologiques :

Les mesures sont extraites de la base de données METEORES ; celles-ci sont normalement disponibles toutes les heures de J-1, soient 24 heures de données.

L'extraction concerne les stations de surface Marignane, Salon de Provence et Istres, sur les paramètres « année », « jour julien », « heure », « vitesse du vent J-1 », « direction du vent J-1 », « température J-1 », « nébulosité J-1 » et « rayonnement solaire J-1 ».

En fonction des données disponibles, un traitement est effectué pour créer le fichier de données météorologiques J-1.MET, à destination de ADMS Urban et des indices de confiance sont calculés (voir section 6.5). Dans ce fichier, le séparateur de colonne est la virgule, et les valeurs manquantes sont spécifiées par « -999 ». La figure suivante présente un exemple de fichier.

VARIABLES :

7
YEAR
DAY
HOUR
U
PHI
TOC

Figure 21 - Fichier J-1.MET

2.1.2 S'il s'agit des calculs de J+0 ou de J+1, le fichier .MET est issu des prévisions météorologiques, selon la source spécifiée dans le fichier d'options :

- soit à partir des prévisions météorologiques NUMTECH :

L'extraction concerne les stations de surface Marignane, Salon de Provence et Istres, sur les paramètres « année », « jour julien », « heure », « vitesse du vent », « direction du vent », « température », « hauteur de couche limite » et « inverse de la longueur de Monin-Obukhov ». Les paramètres « vitesse du vent », « direction du vent » et « température » sont extraits à 10 mètres d'altitude.

Les prévisions NUMTECH sont fournies avec une fréquence horaire.

Les paramètres « vitesse du vent », « direction du vent » sont extraits en fonction de la station qui dispose le plus de valeurs valides. Une moyenne des valeurs aux 3 stations est calculée pour les paramètres « température », « hauteur de couche limite » et « inverse de la longueur de Monin-Obukhov ». En fonction des données utilisées, un fichier d'indice de confiance est calculé (voir section 6.5).

```
VARIABLES :
8
YEAR
DAY
HOUR
U
PHI
TOC
H
RECIPLMO
DATA :
2010,12,0,2.7,49,3.133,161,0.006
2010,12,1,2.2,34,2.967,144.667,0.009
2010,12,2,2.1,6,2.833,125.667,0.015
2010,12,3,2.2,11,2.5,105.333,0.006
2010,12,4,1.5,343,2.1,64.333,-0.006
2010,12,5,1.1,321,1.833,59.667,-0.009
...
```

Figure 22 - Fichier J0.MET ou J1.MET issu des prévisions météorologiques NUMTECH

- soit à partir des prévisions météorologiques fournies par Météo France :

L'extraction concerne les stations de surface Marignane, Salon de Provence et Istres, sur les paramètres « année », « jour julien », « heure », « vitesse du vent J+0 », « direction du vent J+0 », « température J+0 », « nébulosité J+0 » et « rayonnement solaire J+0 », « vitesse du vent J+1 », « direction du vent J+1 », « température J+1 », « nébulosité J+1 » et « rayonnement solaire J+1 ».

Selon la disponibilité des 3 stations, les données météorologiques prévues pour la date J+1 sont lues de la base de données METEORES et converties en fichier .MET (fichiers texte ASCII de données météorologiques reconnus par ADMS Urban). En fonction des données utilisées, un fichier d'indice de confiance est calculé (voir section 6.5).

Les prévisions Météo France sont fournies :

- avec une fréquence de 3 heures, soient 8 heures de données, pour les prévisions de J+0
- avec une fréquence de 6 heures, soient 4 heures de données, pour les prévisions de J+1

```
VARIABLES :
7
YEAR
DAY
HOUR
U
PHI
TOC
CL
DATA :
2008,309,0,5,225,12.333,8
2008,309,1,-999,-999,-999,-999
2008,309,2,-999,-999,-999,-999
2008,309,3,5,225,12,8
2008,309,4,-999,-999,-999,-999
2008,309,5,-999,-999,-999,-999
2008,309,6,3,200,12.333,5
2008,309,7,-999,-999,-999,-999
2008,309,8,-999,-999,-999,-999
2008,309,9,4,190,12.6,5
...
```

Figure 23 - Fichier J0.MET issu des prévisions météorologique Météo France

```
VARIABLES :
7
YEAR
DAY
HOUR
U
PHI
TOC
CL
DATA :
2008,309,0,3,360,11,8
2008,309,1,-999,-999,-999,-999
2008,309,2,-999,-999,-999,-999
2008,309,3,-999,-999,-999,-999
2008,309,4,-999,-999,-999,-999
2008,309,5,-999,-999,-999,-999
2008,309,6,3,335,10,8
2008,309,7,-999,-999,-999,-999
...
```

Figure 24 - Fichier J1.MET issu des prévisions météorologique Météo France

2.2. Pour chacune des grilles, l'outil de calcul PM crée un sous-répertoire et prépare l'ensemble des éléments nécessaires à la simulation ADMS Urban pour l'échéance en cours de calcul (J-1, J+0 ou J+1) :

a) le fichier de données météorologiques (.met) obtenu à l'étape précédente

b) le fichier des facteurs d'émissions (.fac), en fonction de la saison : un fichier .fac est associé à la période hivernale (du dernier dimanche d'octobre au dernier dimanche de mars), un autre à la période estivale (du dernier dimanche de mars au dernier dimanche d'octobre).

c) les fichiers modèles terrain (.ter) et rugosité (.ruf), ainsi que le scénario ADMS Urban (.upl) et la grille variable (.asp)

L'ensemble des fichiers modèles (.fac été et hiver, .ter, .ruf, .asp et .upl) sont issus d'un répertoire « modeles » dont l'emplacement est spécifié dans le fichier options.ini.

2.3. Pour chacune des grilles, l'outil de calcul PM configure le scénario ADMS Urban (.upl) et lance simultanément les simulations pour chacune des grilles de l'échéance en cours de calcul (J-1, J+0 ou J+1).

2.4. En se connectant à la base de données BADOS, l'outil de calcul PM récupère les relevés chimiques de J-1, et calcule la moyenne journalière aux stations, ainsi que la pollution de fond qui sera ajoutée aux résultats issus d'ADMS Urban.

Les valeurs de pollution de fond obtenues heure par heure pour J-1 seront utilisées pour les calculs sur J-1, J et J+1. La moyenne journalière aux stations sera utilisée pour le calcul de la carte analysée.

Les stations dont on extrait les valeurs mesurées en PM10 sont identifiées dans le fichier « stations.ini ».

En l'absence des données d'observations (ou si de trop nombreuses heures sont manquantes), la plate-forme utilise alors les données de pollution de fond du jour J-2, ou éventuellement un fond climatologique. Cette étape est décrite dans la section 6.5 sur les arbres de décision. Ces valeurs sont issues du fichier « fond_moyen_annuel.ini ».

En fonction du choix effectué un indice de qualité et confiance pour le fond sont alors calculés (voir section 6.5). Ces indices seront transmis à SIMALIS et seront affichés sur la fenêtre log de l'interface web de contrôle.

2.5. Le post-traitement des valeurs calculées a lieu :

2.5.1 Les valeurs de concentrations horaires en PM calculées avec ADMS Urban en chacune des grilles sont concaténées. On obtient une grille unique.

2.5.2 La pollution de fond est ajoutée aux valeurs de concentrations horaires en PM calculées avec ADMS Urban sur toute la grille.

2.5.3 Un biais est appliqué aux valeurs de concentrations horaires de J+1 de toute la grille, selon les paramètres définis dans le fichier options.ini (cf. chapitre 6.4) :

- **soit un biais non spatialisé** : en chacune des valeurs de PM calculées sur la grille, le biais défini est appliqué en fonction de l'intervalle de valeurs dans lequel elle est située. Les valeurs de biais sont directement définies dans le fichier options.ini.
- **soit un biais spatialisé** : pour chacune des valeurs en PM aux points des stations, le biais défini en fonction du mois et de la station est appliqué en fonction de l'intervalle de valeurs dans lequel elle est située. Les valeurs obtenues sont ensuite krigées sur la grille grâce à Golden Software

Surfer, puis additionnées aux valeurs calculées avec ADMS Urban. Les valeurs de biais sont définies dans le fichier biais.ini.

Le calcul est effectué avec le biais spécialisé si un fichier « biais.ini » existe dans le répertoire de l'application.

2.5.4 Uniquement pour les calculs sur J-1, on calcule en chacune des heures la carte analysée, à partir des mesures en PM aux stations issues de BADOS, avec la méthode géostatistique de krigeage, utilisant Golden Software Surfer pour effectuer les interpolations.

- a) On crée un fichier qui contient les différences modèles/mesures aux stations uniquement.
- b) On krige ce fichier sur la grille régulière finale, avec Surfer.
- c) On krige les valeurs obtenues à l'étape 2.5.3 sur la grille régulière finale, avec Surfer.
- d) On additionne les valeurs obtenues aux étapes b) et c) en chacun des points de la grille.

2.5.5 Uniquement pour les calculs sur J+0 et J+1, on krige les valeurs horaires sur la grille fine régulière avec Golden Software Surfer.

2.5.6 Chacune des grilles régulières horaires obtenues pour l'échéance en cours de calcul (J-1, J+0 ou J+1) sont converties en fichiers au format PGM (fichier binaire).

Pour J-1, celui-ci a pour nom : [jour_de_calcul]_AJm1_[heure]_PM10.pgm, « A » indiquant une carte analysée, « m1 » correspondant à « J-1 » (cette notation a été définie par SIMALIS). Ce fichier sera utilisé lors de l'affichage sur le site internet dédié.

Pour J+0, celui-ci a pour nom : [jour_de_calcul]_PJp0_[heure]_PM10.pgm, « P » indiquant une prévision, « p0 » correspondant à « J » (cette notation a été définie par SIMALIS). Ce fichier sera utilisé lors de l'affichage sur le site internet dédié.

Pour J+1, celui-ci a pour nom : [jour_de_calcul]_PJp1_[heure]_PM10.pgm, « P » indiquant une prévision, « p1 » correspondant à « J+1 » (cette notation a été définie par SIMALIS). Ce fichier sera utilisé lors de l'affichage sur le site internet dédié.

2.5.7 La moyenne journalière pour l'échéance en cours de calcul (J-1, J+0 ou J+1) est calculée à partir de l'ensemble des valeurs horaires calculées aux étapes précédentes ; les moyennes journalières sont converties en fichiers au format PGM (fichier binaire).

La moyenne journalière est calculée en chacun des points de la grille.

A noter que si les données météorologiques utilisées sont issues des prévisions Météo France, la moyenne n'est réalisée au mieux qu'à partir :

- de 8 valeurs de concentration calculées en chaque point., sachant qu'on ne dispose pour J+0 que d'une prévision météorologique toutes les 3 heures.
- de 4 valeurs de concentration calculées en chaque point., sachant qu'on ne dispose pour J+1 que d'une prévision météorologique toutes les 6 heures.

Pour J-1, le fichier PGM de moyenne journalière a pour nom : [jour_de_calcul]_AJm1_PM10.pgm, « A » indiquant une carte analysée, « m1 » correspondant à « J-1 » (cette notation a été définie par SIMALIS). Ce fichier sera utilisé lors de l'affichage sur le site internet dédié.

Pour J+0, le fichier PGM de moyenne journalière a pour nom : [jour_de_calcul]_Pjp0_PM10.pgm, « P » indiquant une prévision, « p0 » correspondant à « J » (cette notation a été définie par SIMALIS). Ce fichier sera utilisé lors de l'affichage sur le site internet dédié.

Pour J+1, le fichier PGM de moyenne journalière a pour nom : [jour_de_calcul]_Pjp1_PM10.pgm, « P » indiquant une prévision, « p1 » correspondant à « J+1 » (cette notation a été définie par SIMALIS). Ce fichier sera utilisé lors de l'affichage sur le site internet dédié.

2.5.8 L'ensemble des cartographies horaires et la cartographie de moyenne journalière, pour l'échéance en cours de calcul (J-1, J+0 ou J+1), sont générées avec Golden Software Surfer.

Les cartographies sont fusionnées avec le fond de plan (fichier [répertoire modèles]\fond.bmp).

Les images JPG obtenues portent le même nom que les fichiers PGM, avec l'extension .JPG au lieu de l'extension .PGM.



Figure 25 - Exemple de cartographie tracée avec Surfer

2.5.9 Si les calculs statistiques sont activés dans le fichier options.ini, un fichier de statistiques est généré en réalisant un comparatif modèle/mesure aux stations.

Dans le cas d'une architecture monoposte (présentée à la figure 19), on activera le calcul des statistiques dans la seule instance de l'outil de calcul PM démarrée.

Dans le cas d'une architecture multiposte (présentée à la figure 20), les calculs statistiques seront uniquement activés dans l'instance de « l'outil de calcul PM (J-1) » démarré sur la « machine J-1 », mais pas dans « l'outil de calcul PM (J+0) » et dans « l'outil de calcul PM (J+1) » fonctionnant sur la « machine prévi ».

Le fichier généré se nomme « stat.txt », et il est écrit dans le répertoire de sortie. Par exemple, le fichier généré le 16/09/2010 est enregistré dans le fichier [répertoire sortie]\20100916\ et contient les statistiques sur les mesures de J-1 (15/09/2010).

Dans le fichier de sortie, les valeurs sont séparées par un point virgule (-9999 si valeur inconnue ou invalide). Les colonnes du fichier sont les suivantes :

- o date de la mesure (à J-1)

- code station
- mesures sur J-1 aux stations
- valeurs calculées le jour-même avec ADMS sur J-1 (issues de l'étape 2.5.1)
- valeurs calculées le jour-même avec ADMS sur J-1 avec ajout du fond (issues de l'étape 2.5.2)
- valeurs calculées le jour-même avec ADMS sur J-1 avec ajout du fond et du biais (issues de l'étape 2.5.3)
- valeurs analysées le jour-même sur J-1 (issues de l'étape 2.5.4)
- valeurs calculées la veille avec ADMS sur J+0 (issues de l'étape 2.5.1)
- valeurs calculées la veille avec ADMS sur J+0 avec ajout du fond (issues de l'étape 2.5.2)
- valeurs calculées la veille avec ADMS sur J+0 avec ajout du fond et du biais (issues de l'étape 2.5.3)
- valeurs analysées la veille sur J+0 : -9999 car non calculées
- valeurs calculées l'avant-veille avec ADMS sur J+1 (issues de l'étape 2.5.1)
- valeurs calculées l'avant-veille avec ADMS sur J+1 avec ajout du fond (issues de l'étape 2.5.2)
- valeurs calculées l'avant-veille avec ADMS sur J+1 avec ajout du fond et du biais (issues de l'étape 2.5.3)
- valeurs analysées l'avant-veille sur J+1 : -9999 car non calculées

dates;stations;mesures;J-1 ADMS;J-1 ADMS+fond;J-1 ADMS+fond+biais;J-1 ADMS+fond+biais analysé;J ADMS;J ADMS+fond;J ADMS+fond+biais;J ADMS+fond+biais analysé;J+1 ADMS;J+1 ADMS+fond;J+1 ADMS+fond+biais;J+1 ADMS+fond+biais analysé
15/09/2010 0h;ARLS;24;0.8;11.09;15.55;24.23;0.57;11.12;15.58;-9999;0.65;10.4;14.86;-9999
15/09/2010 0h;RBRT;23;0.95;11.24;15.78;21.57;0.55;11.09;15.63;-9999;0.56;10.32;14.85;-9999
15/09/2010 0h;PDBL;27;3.71;14;23.83;21.53;2.88;13.42;23.25;-9999;3.54;13.29;23.12;-9999
15/09/2010 0h;MEDE;23;2.74;13.03;24.03;21.5;2.2;12.75;23.75;-9999;2.2;11.96;22.96;-9999
15/09/2010 0h;FSCB;20;0.56;10.85;15.91;21.47;0.56;11.1;16.16;-9999;0.64;10.39;15.45;-9999
15/09/2010 0h;MRMV;19;0.71;11.01;13.52;24.68;0.39;10.94;13.46;-9999;0.33;10.08;12.6;-9999
15/09/2010 0h;MRGV;31;1.11;11.41;22.28;25.47;1.34;11.88;22.75;-9999;1.35;11.1;21.98;-9999
15/09/2010 0h;SLPV;22;1.1;11.39;18.32;24.78;1.14;11.69;18.62;-9999;1.22;10.97;17.9;-9999
15/09/2010 0h;MILE;25;1.71;12;15.25;21.4;1.6;12.15;15.4;-9999;1.68;11.43;14.68;-9999
15/09/2010 0h;PSLV;23;4.84;15.14;21.88;21.42;0.41;10.95;17.7;-9999;0.42;10.17;16.91;-9999
15/09/2010 1h;ARLS;23;0.88;11.49;15.95;22.99;0.58;12.15;16.61;-9999;0.66;9.82;14.79;-9999
15/09/2010 1h;RBRT;25;0.92;11.53;16.07;23.36;0.55;12.12;16.66;-9999;0.55;9.71;14.47;-9999
15/09/2010 1h;PDBL;25;2.16;12.77;22.6;23.37;2.59;14.17;23.99;-9999;3.31;12.47;22.29;-9999
15/09/2010 1h;MEDE;23;2.58;13.19;24.19;23.37;2.02;13.59;24.59;-9999;2.2;11.36;22.37;-9999
15/09/2010 1h;FSCB;22;0.46;11.07;16.12;23.38;0.53;12.1;17.16;-9999;0.59;9.75;13.54;-9999
15/09/2010 1h;MRMV;21;0.51;11.12;13.64;22.78;0.48;12.05;14.57;-9999;0.41;9.57;14.67;-9999
15/09/2010 1h;MRGV;29;2.3;12.91;23.78;23.51;1.42;12.99;23.87;-9999;1.25;10.41;21.28;-9999
15/09/2010 1h;SLPV;25;1.09;11.7;18.63;22.94;0.9;12.47;19.4;-9999;0.82;9.98;16.7;-9999
15/09/2010 1h;MILE;23;1.41;12.02;15.27;23.4;1.53;13.11;16.36;-9999;1.73;10.89;14.13;-9999
15/09/2010 1h;PSLV;24;0.2;10.81;17.55;23.39;0.4;11.97;18.72;-9999;0.4;9.56;16.03;-9999
15/09/2010 2h;ARLS;22;0.89;11.81;16.98;21.49;0.63;13.36;18.53;-9999;0.66;9.37;14.39;-9999
15/09/2010 2h;RBRT;26;0.93;11.85;16.38;20.25;0.58;13.31;17.85;-9999;0.55;9.27;14.02;-9999
15/09/2010 2h;PDBL;23;2.93;13.85;23.67;20.26;2.51;15.24;25.07;-9999;3.31;12.02;21.82;-9999
15/09/2010 2h;MEDE;19;1.74;12.66;23.66;20.26;2.01;14.75;25.75;-9999;2.2;10.92;21.9;-9999
15/09/2010 2h;FSCB;20;0.57;11.49;16.55;20.27;0.5;13.24;18.29;-9999;0.59;9.3;13.09;-9999
15/09/2010 2h;MRMV;22;0.43;11.35;13.87;20.74;0.47;13.21;15.73;-9999;0.41;9.12;14.22;-9999
15/09/2010 2h;MRGV;28;0.9;11.82;22.69;21.95;1.58;14.31;25.18;-9999;1.25;9.96;21.05;-9999
15/09/2010 2h;SLPV;26;1.16;12.08;19;20.83;0.91;13.65;20.57;-9999;0.82;9.53;16.25;-9999
15/09/2010 2h;MILE;22;1.17;12.09;15.34;20.31;1.67;14.41;17.66;-9999;1.73;10.44;12.26;-9999
15/09/2010 2h;PSLV;23;2.89;13.81;20.56;20.3;0.38;13.12;19.86;-9999;0.4;9.11;15.58;-9999
15/09/2010 3h;ARLS;24;1.03;12.46;16.92;23.85;0.65;14.68;19.55;-9999;0.69;9.5;14.45;-9999
15/09/2010 3h;RBRT;24;0.77;12.2;16.73;23.43;0.59;14.62;19.15;-9999;0.56;9.37;14.13;-9999
15/09/2010 3h;PDBL;21;2.09;13.52;23.34;23.42;2.57;16.6;27.81;-9999;3.39;12.2;22.02;-9999
...

Figure 26 - Exemple de fichier statistique (généré le 16/09/2010)

2.5.10 Les fichiers .PGM générés sont transmis au serveur FTP de SIMALIS.

2.6 Les valeurs moyennes mensuelles et annuelles sont calculées et des fichiers PGM et des cartographies JPG sont créés dans le répertoire de sortie.

Les fichiers de valeurs moyennes mensuelles se nomment :

- [mois calculé au format yyyyymm]_AJm1_PM10.pgm pour J-1
- [mois calculé au format yyyyymm]_PJp0_PM10.pgm pour J+0
- [mois calculé au format yyyyymm]_PJp1_PM10.pgm pour J+1

Les fichiers de valeurs moyennes annuelles se nomment :

- [année calculée au format yyyy]_AJm1_PM10.pgm pour J-1
- [année calculée au format yyyy]_PJp0_PM10.pgm pour J+0
- [année calculée au format yyyy]_PJp1_PM10.pgm pour J+1

L'ensemble de ces fichiers sont stockés directement dans le répertoire de sortie [rep sorties], et non dans le répertoire de sortie qui correspond à la date en cours de calcul.

Pour J+0, le fichier PGM de moyenne journalière a pour nom : [jour_de_calcul]_PJp0_PM10.pgm, « P » indiquant une prévision, « p0 » correspondant à « J » (cette notation a été définie par SIMALIS). Ce fichier sera utilisé lors de l'affichage sur le site internet dédié.

Pour J+1, le fichier PGM de moyenne journalière a pour nom : [jour_de_calcul]_PJp1_PM10.pgm, « P » indiquant une prévision, « p1 » correspondant à « J+1 » (cette notation a été définie par SIMALIS). Ce fichier sera utilisé lors de l'affichage sur le site internet dédié.

2.7 Le fichier de log (journal de fonctionnement) est enregistré et il est envoyé par mail aux destinataires définis dans le fichier options.ini. Un fichier de log est créé pour chaque échéance de calcul.

Le sujet du mail reçu contient [OK] si l'ensemble des calculs ont été effectués avec succès, [AVERTISSEMENT], s'il y a eu des erreurs minimales (par exemple, absence de données pour une heure), et [ERREUR] si les calculs n'ont pu être effectués pour une échéance donnée.

Un exemple de fichier de log d'un calcul réalisé avec succès est présenté ci-après.

```

17/09 03:15:00 Début des calculs du 17/09/2010...
17/09 03:15:00 Préparation des données météorologiques...
17/09 03:15:00 -> Données lues dans METEORES (prévisions NUMTECH).
17/09 03:15:00 -> Ecriture du fichier .MET...
17/09 03:15:00 Préparation des calculs ADMS Urban...
17/09 03:15:00 -> [Grille 1] Création du répertoire de run...
17/09 03:15:00 -> [Grille 2] Création du répertoire de run...
17/09 03:15:00 -> [Grille 3] Création du répertoire de run...
17/09 03:15:01 -> [Grille 3] Copie de la météorologie...
17/09 03:15:01 -> [Grille 1] Copie de la météorologie...
17/09 03:15:01 -> [Grille 2] Copie de la météorologie...
17/09 03:15:01 -> [Grille 2] Copie des fichiers modèles (E:\AIRFOBEP_PM_J\modeles\g2)...
17/09 03:15:01 -> [Grille 1] Copie des fichiers modèles (E:\AIRFOBEP_PM_J\modeles\g1)...
17/09 03:15:01 -> [Grille 3] Copie des fichiers modèles (E:\AIRFOBEP_PM_J\modeles\g3)...
17/09 03:15:01 -> [Grille 3] Préparation du .FAC...
17/09 03:15:01 -> [Grille 2] Préparation du .FAC...
17/09 03:15:01 -> [Grille 1] Préparation du .FAC...
17/09 03:15:01 -> [Grille 3] Préparation de la simulation ADMS Urban ...
17/09 03:15:01 -> [Grille 1] Préparation de la simulation ADMS Urban ...
17/09 03:15:01 -> [Grille 2] Préparation de la simulation ADMS Urban ...
17/09 03:15:23 -> [Grille 2] Simulation ADMS Urban en cours...
17/09 03:15:25 -> [Grille 3] Simulation ADMS Urban en cours...
17/09 03:15:25 -> [Grille 1] Simulation ADMS Urban en cours...
17/09 06:46:47 -> [Grille 2] Simulation ADMS Urban terminée avec succès.
17/09 07:52:01 -> [Grille 3] Simulation ADMS Urban terminée avec succès.
17/09 09:01:19 -> [Grille 1] Simulation ADMS Urban terminée avec succès.
17/09 09:01:19 Calculs ADMS Urban terminés.
17/09 09:01:19 Calcul des données chimiques...
17/09 09:01:19 -> Lecture dans BADOS des mesures du 16/09/2010...
17/09 09:01:21 -> Calcul de la pollution de fond...
17/09 09:01:21 Post-traitement...
17/09 09:01:21 -> Concaténation des grilles...
17/09 09:02:05 -> Ajout de la pollution de fond...
17/09 09:02:06 -> Calcul du biais spatialisé...
17/09 09:02:06 -> Krigeage du biais spatialisé...
17/09 09:02:28 -> Ajout du biais spatialisé...
    
```

```
17/09 09:02:56 -> Krigeages sur la grille régulière...
17/09 09:08:13 -> Stockage des résultats dans le fichier binaire .gb...
17/09 09:08:28 Création du fichier PGM de 0h...
17/09 09:08:32 Création du fichier PGM de 1h...
17/09 09:08:36 Création du fichier PGM de 2h...
(...)
17/09 09:10:01 Création du fichier PGM de 22h...
17/09 09:10:05 Création du fichier PGM de 23h...
17/09 09:10:09 Calcul de la moyenne journalière et stockage dans un PGM...
17/09 09:10:16 -> Tracé des cartographies avec Surfer...
17/09 09:10:16 -> Génération de la cartographie Surfer...
17/09 09:12:45 -> Fusion avec le fond de plan...

17/09 09:13:11 Calcul des statistiques...
17/09 09:13:34 -> Envoi des PGM sur le serveur FTP...
17/09 09:14:17 Calcul de la moyenne mensuelle de 9/2010 et de la moyenne annuelle de 2010 pour
J0...
17/09 09:15:54 -> Extraction des valeurs calculées sur J+0
17/09 09:17:03 -> Ecriture du fichier PGM de la moyenne annuelle sur J+0 (2010_PJp0_PM10.pgm)...
17/09 09:17:04 -> Tracé de la cartographie de la moyenne annuelle sur J+0...
17/09 09:17:09 -> Génération de la cartographie Surfer...
17/09 09:17:18 -> Fusion avec le fond de plan...
17/09 09:17:18 -> Ecriture du fichier PGM de la moyenne mensuelle sur J+0
(2010_09_PJp0_PM10.pgm)...
17/09 09:17:19 -> Tracé de la cartographie de la moyenne mensuelle sur J+0...
17/09 09:17:24 -> Génération de la cartographie Surfer...
17/09 09:17:33 -> Fusion avec le fond de plan...
17/09 09:19:08 OPERATIONS REALISEES AVEC SUCCES.
```

Figure 27 - Exemple de fichier de log

2.8 Les images, statistiques et fichiers de log sont automatiquement transmis sur le serveur FTP de NUMTECH pour affichage des résultats sur le site internet SuiviStat.

2.9. Les fichiers temporaires utilisés pour les calculs sont supprimés si cela est activé dans le fichier options.ini.

Il est possible de choisir de conserver ou non :

- les répertoires de run : ceux-ci contiennent les résultats des simulations ADMS Urban. Attention, ils sont nécessaires à posteriori pour la relance éventuelle des post-traitements (paramètre « conserver_repertoires_run » de la rubrique « [Mode automatique] » du fichier options.ini)
- les fichiers textes générés au cours du post-traitement pour les différents calculs (krigeage ou non) ; ils seront automatiquement recréés lorsqu'un post-traitement sera relancé (paramètre « conserver_fichiers_temp » de la rubrique « [Mode automatique] » du fichier options.ini)

6.3. Applicatif NUMTECH

L'interface de l'outil de calcul PM est représentée dans la copie d'écran ci-dessous.

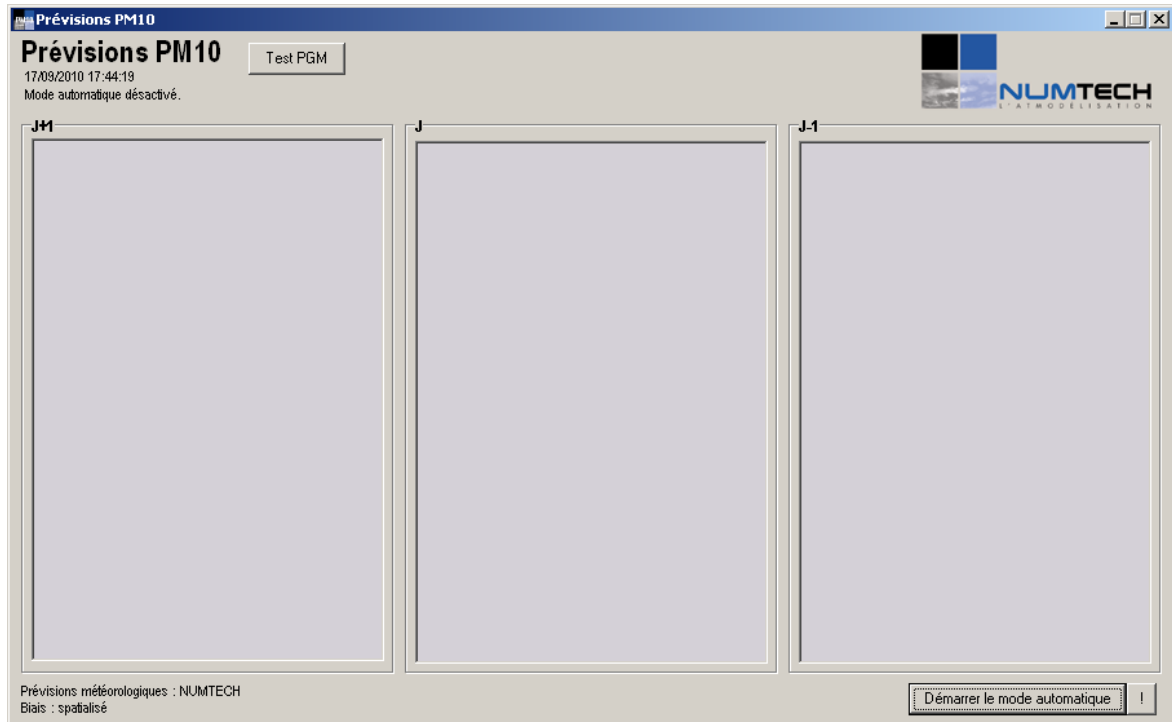


Figure 28 - Interface de l'outil de calcul PM en fonctionnement monoposte

En haut à gauche, sont affichés l'heure courante et le temps restant avant le prochain calcul automatique ; les différentes zones de texte affichent les journaux de calcul des différentes échéances (J+1, J et J-1).

Les boutons en bas à droite permettent d'activer ou de désactiver le mode automatique, et de forcer la rédaction d'un calcul (si celui-ci a échoué au cours de la nuit par exemple).

En bas à droite, les options choisies dans le fichier de configuration apparaissent :

- type de prévisions météorologiques : Météo France ou NUMTECH
- type de calcul du biais : spatialisé ou non

La fenêtre s'adapte automatiquement aux calculs paramétrés dans le fichier options.ini (rubrique [Mode automatique], paramètre « calculs »). La copie d'écran présentée ci-dessus correspond à une architecture monoposte présentée dans la figure 19.

Dans le cas d'une architecture multiposte (figure 20), les 3 fenêtres des 3 instances de l'application qui seront lancées seront par exemple les suivantes :

- sur la machine « PM J-1 », on trouvera la fenêtre de l'instance de « l'outil de calcul PM10 sur J-1 » avec uniquement la zone de journal pour les calculs de « J-1 »
- sur la machine « PM prévi », on trouvera :
 - o la fenêtre de l'instance de « l'outil de calcul PM10 sur J+0 » avec uniquement la zone de journal pour les calculs de « J+0 »
 - o la fenêtre de l'instance de « l'outil de calcul PM10 sur J+1 » avec uniquement la zone de journal pour les calculs de « J+1 »

La copie d'écran ci-après présente les 3 applications démarrées.

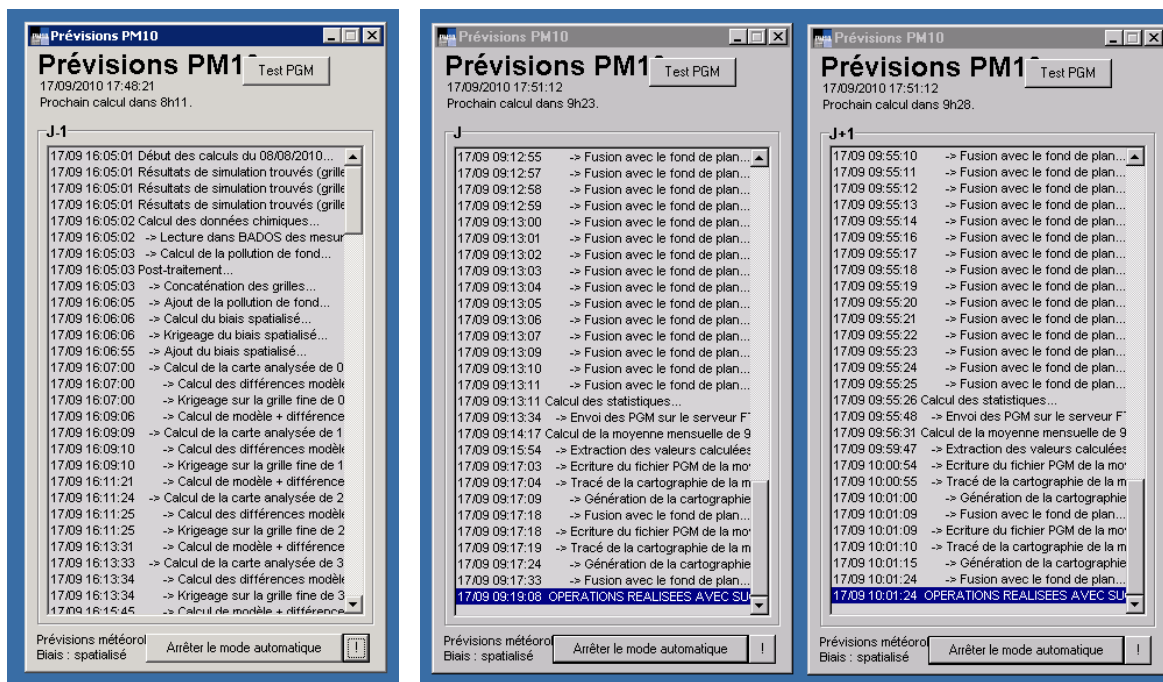


Figure 29 - Interface de l'outil de calcul PM en fonctionnement multiposte ;
de gauche à droite : « PM J-1 » sur la machine « J-1 », « PM J+0 » et « PM J+1 » sur la machine « PM prévu »

6.4. Mode automatique, relance automatique, et forçage des calculs

Les calculs complets (runs ADMS Urban, post-traitement et transferts FTP) sont automatiquement réalisés une fois par jour, à l'heure spécifiée dans le fichier options.ini (rubrique [Mode automatique], paramètre « heure »), pour les échéances définies (rubrique [Mode automatique], paramètre « calculs ») : par exemple uniquement pour J-1 (fonctionnement multiposte), ou à la fois pour J+1, J+0 et J-1 (fonctionnement monoposte).

Les données d'entrées stockées dans BADOS pouvant être revalidées après les calculs (les relevés chimiques des stations peuvent être corrigés), il est possible de configurer une **relance automatique des post-traitements** afin que ces corrections soient prises en compte dans les calculs de PM lors de l'analyse sur **J-1**. L'heure de relance automatique devra être définie dans le fichier options.ini (rubrique [Mode automatique], paramètre « relance_planning »), ainsi que le nombre de jours sur lesquels effectuer la relance (rubrique [Mode automatique], paramètre « relance_nbjours »).

A noter que les calculs complets et la relance ne sont actifs en automatique que lorsque **le mode automatique de l'application est activé** (en ayant cliqué sur le bouton associé).

La procédure de relance automatique est la suivante :


1. Lorsque l'outil de calcul PM effectue les calculs complets, il stocke les différentes valeurs extraites de BADOS dans un fichier de sauvegarde.
2. Lorsque la relance est lancée, l'outil de calcul PM contrôle, pour le jour de relance choisi, si les relevés des stations stockés de BADOS ont été mis à jour ou non, en les comparant au fichier de sauvegarde : si les valeurs ont été modifiées dans BADOS, alors le post-traitement du jour de relance est effectué.

Si on a spécifié les options suivantes :

```
[Mode automatique]
heure=2h00
calculs=1;0;-1
calculer_stat=1
relance_planning=16h00
relance_nbjours=10;40
```

Les opérations effectuées automatiquement par l'outil de calcul PM le 20/09/2010 seront les suivantes :

- à 2h00, l'outil de calcul PM effectuera les calculs complets du 20/09/2010 pour J+1 (21/09/2010), pour J+0 (20/09/2010), puis pour J-1 (19/09/2010)
- à 16h00, l'outil de calcul PM effectuera la relance à 10 jours (=10/09/2010), puis à 40 jours (=11/08/2010) : si les relevés stockés dans BADOS à ces dates ont été corrigés depuis le précédent lancement des calculs PM, alors le post-traitement de ces dates sera effectué.

Il est également possible de lancer un **forçage des calculs**, dans des cas particuliers (absence des données d'entrée au moment des calculs en automatique, arrêt inopiné du serveur, etc...). Pour cela, un clic sur le bouton  situé en bas à droite de l'interface de l'outil de calcul PM fait apparaître la fenêtre ci-dessous :

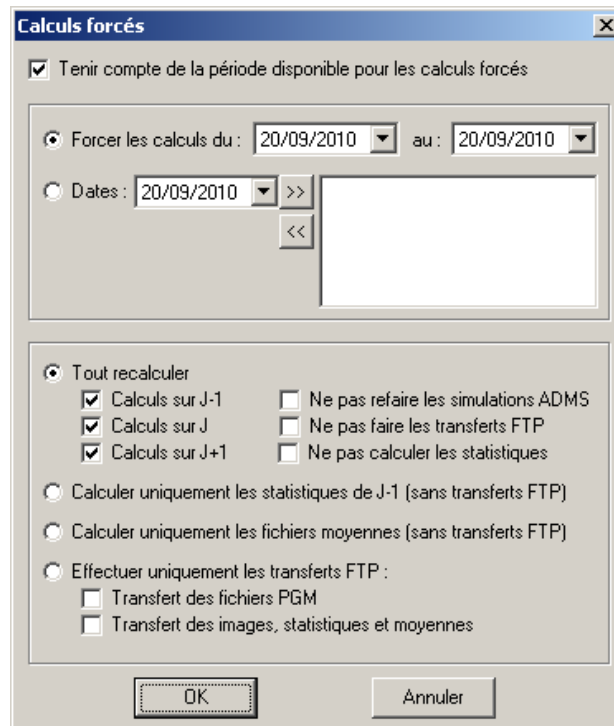


Figure 30 – Fenêtre de forçage de l'outil de calcul PM

Les paramètres d'un calcul forcé sont les suivants :

- la case à cocher « tenir compte de la période disponible pour les calculs forcés » permet de s'assurer que les calculs forcés ne seront pas réalisés en même temps que les calculs complets en automatique. En effet, si des calculs forcés doivent être relancés sur une longue période (une semaine par exemple), il est préférable de laisser tourner une instance de l'outil de calcul PM pour la réalisation des calculs automatiques, et de démarrer une 2^{ème} instance de l'outil de calcul PM (en relançant son exécutable), dans laquelle on ne fera que les calculs forcés. L'activation de cette option permet que les calculs forcés et les calculs automatiques ne soient pas réalisés simultanément et ne posent pas des problèmes de concurrence dans les fichiers ouverts lors des calculs. A noter que la période pour laquelle les calculs

forcés seront « autorisés » doit être définie dans le fichier de configuration options.ini (rubrique [Mode forcé], paramètres « heure_min » et « heure_max »).

- Il est possible de forcer les calculs entre 2 dates, ou de définir un ensemble de dates particulières ;
- Il est enfin possible de définir quels calculs seront effectués :
 - o L'option « Tout recalculer » relance les calculs, sur les échéances souhaitées (J, J+1 et/ou J-1). Si les simulations ADMS Urban ont déjà été effectuées et que les répertoires de run sont toujours disponibles, il est possible de lancer le post-traitement uniquement, comme lors de la relance automatique, en cochant la case « Ne pas refaire les simulations ADMS ». Il est également possible de désactiver les transferts FTP et les calculs de statistiques.
 - o L'option « Calculer uniquement les statistiques » relance uniquement les calculs statistiques sur la période choisie.
 - o L'option « Calculer uniquement les fichiers moyennes » relance uniquement le calcul des moyennes mensuelles et annuelles (étape 2.6 des calculs).
 - o L'option « Effectuer uniquement les transferts FTP » ne relance que les transferts FTP des fichiers de sortie, sans qu'aucun calcul ne soit effectué.

6.5. Configuration de l'outil de calcul PM

Les fichiers de paramétrages qui composent l'outil de calcul PM sont les suivants :

- un répertoire contenant les différents modèles de fichiers utilisés lors des calculs,
- un fichier de configuration générale de l'application (options.ini),
- un fichier listant les stations de mesures chimiques (stations.ini)
- un fichier contenant la température moyenne annuelle (temperature_moyenne_annuelle.ini)
- un fichier contenant le fond moyen annuel (fond_moyen_annuel.ini)
- éventuellement un fichier pour le calcul du biais spatialisé (biais.ini). Si ce fichier est présent dans le répertoire de l'application, alors automatiquement le calcul du biais sera spatialisé. Si ce fichier est absent, le calcul du biais sera non spatialisé et les options de calcul du biais seront issues des valeurs définies dans le fichier options.ini

6.5.1. Le répertoire « modeles »

Pour chacune des grilles de calcul, le répertoire « modeles » contient les fichiers suivants :

- le scénario ADMS Urban au format .upl
- le fichier terrain au format .ter
- le fichier rugosité au format .ruf
- le fichier définissant la grille variable au format .asp
- le fichier des facteurs d'émissions sur la période hivernale, au format .fac
- le fichier des facteurs d'émissions sur la période estivale, au format .fac

En outre, ce répertoire contient une image de fond de plan (« fond.bmp »), et une échelle de couleur Surfer (« couleurs.clr ») destinés au tracé des cartographies de validation des calculs.

6.5.2. Fichier de configuration générale « options.ini »

Ce fichier doit être placé dans le même répertoire que l'exécutable de l'outil de calcul PM.

[Répertoires]	
modeles=	Répertoire contenant les différents fichiers modèles
sorties=	Répertoire dans lequel seront stockées les sorties à l'issue des calculs
runs=	Répertoire des runs, dans lequel les résultats des calculs ADMS Urban sont stockés
adms=	Répertoire contenant l'exécutable de ADMS Urban
meteoires_donnees=	Répertoire partagé de METEORES contenant les données de la base
bados_donnees=	Répertoire partagé de BADOS contenant les données de la base
Surfer=	Répertoire contenant l'exécutable de Golden Software Surfer
[Grille 1]	Une rubrique doit identifier chacune des grilles de calcul ADMS Urban : ici, la 1ère grille
prefixe=	Préfixe des fichiers modèles de la 1ère grille
[Grille 2]	Une rubrique doit identifier chacune des grilles de calcul ADMS Urban : ici, la 2ème grille
prefixe=	Préfixe des fichiers modèles de la 2ème grille
[Grille 3]	Une rubrique doit identifier chacune des grilles de calcul ADMS Urban : ici, la 3ème grille
prefixe=	Préfixe des fichiers modèles de la 3ème grille
[Grille finale]	Coordonnées et résolution (en mètres) de la grille finale régulière des fichiers PGM
x_min=	
x_max=	
y_min=	
y_max=	
resolution=	
[Biais]	Paramètres pour le calcul du biais non spatialisé : pour chaque intervalle de concentrations, corrections à apporter
concentrations=	
corrections=	
[Prévisions météorologiques]	Sources des prévisions météorologiques
NUMTECH=	0 s'il s'agit des prévisions Météo France, 1 s'il s'agit des prévisions NUMTECH
[Carte analysée]	Paramètres pour les calculs de la carte analysée sur J-1
distance_influence_station=	Distance en mètres de la zone d'influence des stations pour la carte analysée
[Mode automatique]	Paramètres pour les calculs en mode automatique
heure=	Heure de lancement du mode automatique (au format xxhxx)
calculs=	Echéances à calculer, séparées par des ; -1 pour J-1, 0 pour J+0, 1 pour J+1
calculer_stat=	Activation (1) ou désactivation (0) des calculs statistiques
relance_planning=	Heure d'exécution de la relance automatique (au format xxhxx)
relance_nbjours=	Nombre de jours pour lesquels seront effectués les relances automatiques, séparés par des ;
mail_serveur=	Adresse du serveur de mail pour l'envoi des e-mails de journal des calculs
mail_port=	Port du serveur de mail
mail_login=	Login à utiliser sur le serveur de mail
mail_destinataires=	Adresse e-mail des destinataires des e-mails de journal des calculs
conserver_repertoires_run=	Activation (1) ou désactivation (0) de la conservation des répertoires de run. Il est conseillé de laisser cette option à 1 (activée) afin que des post-traitements puissent être réeffectués ultérieurement
conserver_fichiers_temp=	Activation (1) ou désactivation (0) de la conservation des fichiers temporaires liés aux calculs en post-traitement. Il est conseillé de désactiver cette option (0) afin de minimiser l'espace disque nécessaire au stockage des données de calcul
nb_minutes_attente_max_meteo_relevés=	Temps maximum d'attente (en minutes) de la mise à disposition des relevés météorologiques nécessaires aux calculs sur J-1 dans le répertoire de METEORES lors des calculs en automatique
run_adms_duree_max=	Durée maximale des calculs ADMS Urban (en minutes)
[Mode forcé]	Paramètres pour les calculs en forçage
heure_min=	Heure de début de la période pendant laquelle les calculs forcés pourront être réalisés, au format xxhxx
heure_max=	Heure de fin de la période pendant laquelle les calculs forcés pourront être réalisés, au format xxhxx
[Envoi FTP PGM]	Paramètres pour les transferts en FTP des PGM sur le serveur de SIMALIS
serveur=	Adresse du serveur FTP
port=	Port de connexion au serveur FTP
login=	Login de connexion
password=	Mot de passe de connexion
repertoire=	Répertoire du serveur FTP sur lequel déposer les fichiers PGM

[Envoi FTP web_stat] Paramètres pour les transferts en FTP des images et statistiques sur le site internet SuiviStat	
serveur=	Adresse du serveur FTP
port=	Port de connexion au serveur FTP
login=	Login de connexion
password=	Mot de passe de connexion
repertoire=	Répertoire du serveur FTP sur lequel déposer les fichiers

Un exemple de configuration monoposte (correspondant à la figure 19) est présenté ci après :

```
[Répertoires]
modeles=D:\PM\modeles\
sorties= D:\PM\sorties\
runs=D:\PM\runs\
adms=C:\Program Files\CERC\ADMS-Urb\
meteoeres_donnees=\\AIRFOBEP-PARTAGE\METEORES\data\
bados_donnees=\\AIRFOBEP-PARTAGE\BADOS\data\
Surfer=C:\Program Files\Golden Software\Surfer 8\

[Grille 1]
prefixe=g1

[Grille 2]
prefixe=g2

[Grille 3]
prefixe=g3

[Grille finale]
x_min=599400
x_max=689800
y_min=4798400
y_max=4865000
resolution=200

[Biais]          Dans l'exemple ci-dessous, si 0<=concentration<5 alors la correction sera de 6.90
concentrations=0;5;10;15;20;25;30;35;40;45;50;55
corrections=6.90;5.82;5.99;7.26;8.12;8.55;9.73;11.54;11.42;12.19;11.39;11.33

[Prévisions météorologiques]
NUMTECH=1

[Carte analysée]
distance_influence_station=1000

[Mode automatique]
heure=02h00
calculs=1;0;-1
calculer_stat=1
relance_planning=16h00
relance_nbjours=10;40
mail_serveur=192.168.0.1
mail_port=25
mail_login=chabanon
mail_destinataires=chabanon@numtech.fr
conserver_repertoires_run=1
conserver_fichiers_temp=1
nb_minutes_attente_max_meteo_relevés=60
run_adms_duree_max=600

[Mode forcé]
heure_min=9h00
heure_max=22h00

[Envoi FTP PGM]
serveur=
port=21
login=
password=
repertoire=/PM10/

[Envoi FTP web_stat]
serveur=
port=21
login=
password=
repertoire=/airfobep/pm/resultats/
```

Un exemple correspondant à la configuration multiposte (figure 20) est présenté ci-dessous :

- sur la machine « J-1 », pour l'outil de calcul PM sur J-1 :

```
[Répertoires]
modeles=D:\PM\modeles\
sorties= D:\PM\sorties\
runs=D:\PM\runs\
adms=C:\Program Files\CERC\ADMS-Urb\
meteoeres_donnees=\\AIRFOBEP-PARTAGE\METEORES\data\
bados_donnees=\\AIRFOBEP-PARTAGE\BADOS\data\
Surfer=C:\Program Files\Golden Software\Surfer 8\

[Grille 1]
prefixe=g1

[Grille 2]
prefixe=g2

[Grille 3]
prefixe=g3

[Grille finale]
x_min=599400
x_max=689800
y_min=4798400
y_max=4865000
resolution=200

[Biais]
concentrations=0;5;10;15;20;25;30;35;40;45;50;55
corrections=6.90;5.82;5.99;7.26;8.12;8.55;9.73;11.54;11.42;12.19;11.39;11.33

[Prévisions météorologiques]
NUMTECH=1

[Carte analysée]
distance_influence_station=1000

[Mode automatique]
heure=02h00
calculs=-1
calculer_stat=1
relance_planning=16h00
relance_nbjours=10;40
mail_serveur=192.168.0.1
mail_port=25
mail_login=chabanon
mail_destinataires=chabanon@numtech.fr
conserver_repertoires_run=1
conserver_fichiers_temp=1
nb_minutes_attente_max_meteo_relevés=60
run_adms_duree_max=600

[Mode forcé]
heure_min=9h00
heure_max=22h00

[Envoi FTP PGM]
serveur=
port=21
login=
password=
repertoire=/PM10/

[Envoi FTP web_stat]
serveur=
port=21
login=
password=
repertoire=/airfobep/pm/resultats/
```

- sur la machine « Prévi », pour l'outil de calcul PM sur J :

```
[Répertoires]
modeles=D:\PM\modeles\
```

```

sorties=\\MACHINE-J-1\PM\sorties\
runs=D:\PM\runs\
adms=C:\Program Files\CERC\ADMS-Urb\
meteoeres_donnees=\\AIRFOBEP-PARTAGE\METEORES\data\
bados_donnees=\\AIRFOBEP-PARTAGE\BADOS\data\
Surfer=C:\Program Files\Golden Software\Surfer 8\

[Grille 1]
prefixe=g1

[Grille 2]
prefixe=g2

[Grille 3]
prefixe=g3

[Grille finale]
x_min=599400
x_max=689800
y_min=4798400
y_max=4865000
resolution=200

[Biais]
concentrations=0;5;10;15;20;25;30;35;40;45;50;55
corrections=6.90;5.82;5.99;7.26;8.12;8.55;9.73;11.54;11.42;12.19;11.39;11.33

[Prévisions météorologiques]
NUMTECH=1

[Carte analysée]
distance_influence_station=1000

[Mode automatique]
heure=02h00
calculs=0
calculer_stat=0
relance_planning=
relance_nbjours=
mail_serveur=192.168.0.1
mail_port=25
mail_login=chabanon
mail_destinataires=chabanon@numtech.fr
conserver_repertoires_run=1
conserver_fichiers_temp=1
nb_minutes_attente_max_meteo_relevés=60
run_adms_duree_max=600

[Mode forcé]
heure_min=9h00
heure_max=22h00

[Envoi FTP PGM]
serveur=
port=21
login=
password=
repertoire=/PM10/

[Envoi FTP web_stat]
serveur=
port=21
login=
password=
repertoire=/airfobep/pm/resultats/

```

- sur la machine « Prévi », pour l'outil de calcul PM sur J+1 :

```

[Répertoires]
modeles=D:\PM\modeles\
sorties=\\MACHINE-J-1\PM\sorties\
runs=D:\PM\runs\
adms=C:\Program Files\CERC\ADMS-Urb\
meteoeres_donnees=\\AIRFOBEP-PARTAGE\METEORES\data\
bados_donnees=\\AIRFOBEP-PARTAGE\BADOS\data\
Surfer=C:\Program Files\Golden Software\Surfer 8\

```

```
[Grille 1]
prefixe=g1

[Grille 2]
prefixe=g2

[Grille 3]
prefixe=g3

[Grille finale]
x_min=599400
x_max=689800
y_min=4798400
y_max=4865000
resolution=200

[Biais]
concentrations=0;5;10;15;20;25;30;35;40;45;50;55
corrections=6.90;5.82;5.99;7.26;8.12;8.55;9.73;11.54;11.42;12.19;11.39;11.33

[Prévisions météorologiques]
NUMTECH=1

[Carte analysée]
distance_influence_station=1000

[Mode automatique]
heure=02h00
calculs=1
calculer_stat=0
relance_planning=
relance_nbjours=
mail_serveur=192.168.0.1
mail_port=25
mail_login=chabanon
mail_destinataires=chabanon@numtech.fr
conserver_repertoires_run=1
conserver_fichiers_temp=1
nb_minutes_attente_max_meteo_relevés=60
run_adms_duree_max=600

[Mode forcé]
heure_min=9h00
heure_max=22h00

[Envoi FTP PGM]
serveur=
port=21
login=
password=
repertoire=/PM10/

[Envoi FTP web_stat]
serveur=
port=21
login=
password=
repertoire=/airfobep/pm/resultats/
```

6.5.3. Fichier « stations.ini »

Ce fichier doit être placé dans le même répertoire que l'exécutable de l'outil de calcul PM. Les différentes stations contenues dans le fichier de relevés chimiques issus de l'extraction de BADOS y sont spécifiées, avec leurs coordonnées.

```
ARLS;611235;4806509
RBRT;679423;4819906
PDBL;660511;4807390
MEDE;671248;4807361
FSCB;656474;4813592
MRMV;661979;4827737
...
```

Ces stations sont utilisées lors du calcul des distances aux points de la grille pour la carte analysée de J-1, ainsi que pour le calcul des statistiques (comparatifs modèle/mesures)

6.5.4. Fichier « fond_moyen_annuel.ini »

Ce fichier doit être placé dans le même répertoire que l'exécutable de l'outil de calcul PM. Il contient les valeurs de fond moyen annuel à utiliser par défaut, mois par mois et heure par heure :

```

heure;valeur-janvier;valeur-février;valeur-mars;valeur-avril;valeur-mai;valeur-juin;valeur-
juillet;valeur-aout;valeur-septembre;valeur-octobre;valeur-novembre;valeur-decembre
0;27;35;20;24;15;17;17;14;17;23;22;35
1;25;35;21;25;15;16;17;15;17;23;22;33
2;25;33;21;25;16;17;16;16;16;23;20;32
3;24;31;20;25;16;17;17;16;16;22;19;29
4;22;30;20;24;17;18;17;15;16;22;20;28
5;22;28;20;25;18;19;18;15;17;22;21;27
6;21;27;21;27;20;21;20;19;18;23;22;26
7;22;27;23;29;19;20;22;21;21;26;20;26
8;24;32;24;29;19;21;20;21;22;29;22;27
9;26;32;23;26;20;20;20;21;21;28;22;29
10;23;30;23;24;20;19;23;19;21;26;22;28
11;25;29;23;24;21;21;23;21;22;26;23;28
12;22;28;23;24;21;21;23;19;22;26;23;28
13;22;26;21;24;20;23;23;20;24;25;23;27
14;23;25;24;26;21;24;24;21;25;26;24;27
15;24;25;24;27;21;24;24;22;26;28;25;28
16;25;26;25;28;21;22;25;23;26;29;25;29
17;24;27;26;27;19;22;24;24;26;29;24;32
18;25;28;29;26;19;21;24;24;26;30;24;33
19;28;28;26;25;20;21;23;23;25;28;23;36
20;27;31;24;24;18;22;21;22;23;26;23;37
21;29;33;21;23;17;21;20;19;20;25;24;37
22;29;35;22;23;16;19;18;18;19;24;24;36
23;28;36;21;24;16;18;17;16;18;23;22;36
    
```

6.5.5. Fichier « temperature_moyenne_annuelle.ini »

Ce fichier doit être placé dans le même répertoire que l'exécutable de l'outil de calcul PM. Il contient les valeurs de température moyenne annuelle à utiliser par défaut, mois par mois et heure par heure :

```

heure;valeur-janvier;valeur-février;valeur-mars;valeur-avril;valeur-mai;valeur-juin;valeur-
juillet;valeur-aout;valeur-septembre;valeur-octobre;valeur-novembre;valeur-decembre
0;2.9;4.2;9.5;7.8;18.5;19.7;25.0;22.5;19.8;14.4;9.2;5.6
1;2.4;3.1;7.2;7.3;17.7;19.2;24.3;21.3;19.3;15.6;8.0;12.5
2;2.3;3.2;7.9;6.4;16.0;18.9;23.5;20.6;18.7;14.1;9.7;8.6
3;-1.7;1.1;8.2;7.2;14.0;22.4;23.1;20.3;18.0;13.3;8.7;11.9
4;1.5;4.3;8.8;7.3;13.8;21.8;22.6;20.0;17.4;16.5;10.1;13.2
5;-1.1;0.5;8.2;7.7;14.2;21.6;22.1;19.6;17.0;13.7;9.8;2.5
6;-1.7;6.4;8.7;9.1;17.4;21.0;21.5;19.5;16.7;15.8;8.1;7.6
7;3.2;2.7;8.9;11.1;18.1;21.3;20.9;19.3;16.2;17.0;8.4;7.0
8;3.0;7.0;10.6;10.9;17.6;17.6;21.0;20.2;17.6;17.8;11.2;10.7
9;2.8;7.8;11.4;13.6;18.6;18.7;22.0;20.8;20.8;22.1;14.3;13.4
10;5.9;7.6;13.5;11.9;19.2;20.5;22.9;22.1;23.9;19.8;12.8;13.5
11;5.4;11.5;10.5;15.2;20.0;22.0;23.3;23.4;26.1;21.8;17.0;12.8
12;4.0;13.4;13.7;13.0;20.2;23.9;24.2;23.7;28.4;18.3;16.8;14.5
13;13.0;12.4;17.1;15.1;20.8;25.5;25.0;26.3;30.0;19.8;15.1;16.0
14;14.0;11.4;15.2;16.4;20.9;26.1;25.5;27.9;30.8;23.7;15.2;14.0
15;8.0;8.2;16.3;17.2;20.6;30.0;25.8;29.2;29.6;22.8;14.2;14.2
16;6.5;7.9;14.7;16.8;20.8;30.0;26.2;27.4;29.0;17.8;14.6;13.9
17;3.9;12.0;12.8;15.6;20.0;29.7;26.5;27.1;28.4;21.7;14.0;13.1
18;2.4;7.4;11.3;11.1;20.0;29.0;26.3;26.6;27.5;16.3;12.2;10.1
19;3.9;10.1;9.6;12.0;18.9;28.3;25.9;26.5;25.6;17.0;9.2;9.0
20;2.0;7.3;11.5;9.6;17.6;25.2;25.0;25.7;22.8;14.6;10.5;11.4
21;4.8;9.8;8.9;9.3;16.6;23.5;23.9;25.0;21.8;17.4;8.7;6.8
22;3.3;8.5;7.8;10.1;15.8;21.9;22.8;23.6;21.4;13.1;9.3;7.5
23;4.4;7.6;8.3;8.6;15.2;20.7;22.4;23.0;21.3;14.9;8.6;10.9
    
```

6.5.6. Fichier « biais.ini »

Ce fichier doit être placé dans le même répertoire que l'exécutable de l'outil de calcul PM. Il contient les valeurs de biais à utiliser, station par station, pour le calcul du biais spatialisé. A noter que si l'on souhaite que le calcul du biais soit effectué selon la méthode du biais non spatialisé, ce fichier doit être supprimé du répertoire de l'exécutable de l'outil de calcul PM.

PLATE-FORME DE MODELISATION DES PM : MISES A JOUR 2010

Pour chaque mois (de 1=janvier à 12=décembre), ce fichier spécifie le biais à appliquer pour chacune des stations définies dans le fichier « stations.ini », en fonction des valeurs de concentrations atteintes au point le plus proche de ces stations :

```
[biais 1]
concentrations_ARLS = 0;10.74;13.43;15.9;18.79;22.54;26.55;32.31;36.28;40.46
corrections_ARLS = 5.31;3.93;5.04;9.28;5.88;7.81;10.25;15.93;12.61;12.89
concentrations_MILE = 0;11.55;14.17;16.38;19.07;22.55;26.91;32.53;36.64;41.05
corrections_MILE = 5.39;2.95;2.09;3.99;5.05;7.9;10.81;12.54;11.92;10.74
concentrations_MRMV = 0;10.51;13.22;15.47;18.2;22.01;26.35;31.86;35.24;39.71
corrections_MRMV = 5.35;5.14;6.16;11.18;6.78;10.9;21.33;17.84;14.89;14.9
concentrations_MEDE = 0;11.52;14.17;16.42;19.12;22.89;27.03;32.69;36.97;41.73
corrections_MEDE = 5.61;4.06;2.84;7.53;7.96;10.81;13.03;17.9;13.11;17.37
concentrations_MRGV = 0;10.9;13.32;15.91;18.58;22.06;26.48;32.16;35.56;40.48
corrections_MRGV = 5.72;6.86;8.38;14.67;15.86;29.06;23.05;19.85;25.3;21.44
concentrations_PSLV = 0;10.62;13.2;15.54;18.14;21.79;26.34;31.96;36.24;40.84
corrections_PSLV = 8.52;5.56;4.26;7.08;4.76;7.86;7.86;9.07;8.51;10.24
concentrations_FSCB = 0;10.56;13.35;15.59;18.42;21.91;26.22;31.94;35.55;40.25
corrections_FSCB = 6.51;7.52;6.25;7.24;8.97;15.09;17.56;12.83;16.62;18.77
concentrations_PDBL = 0;11.53;14.38;16.58;19.19;23.27;28.5;33.87;37.44;42.33
corrections_PDBL = 6.82;8.1;5.01;9.75;11.26;11.84;12.76;11.93;10.95;11.84
concentrations_RBRT = 0;10.52;13.21;15.59;18.25;21.85;26.17;31.89;35.35;39.85
corrections_RBRT = 6.71;4.36;3.01;7.62;9.62;13.7;15.39;13.87;14.13;11.56
concentrations_SLPV = 0;12.54;19.98;24.69;28.33;31.71;37.03;42.88;46.5;53.9
corrections_SLPV = 7.25;12.08;10.58;10.65;19.97;19.81;18.16;15.37;13.69;20.64
concentrations_LCME = 0;11.6;13.45;15.81;17.52;18.89;21.06;24.18;27.15;39.14
corrections_LCME = 5.01;6.4;4.34;4.36;4.46;4.09;9.63;10.07;4.54;2.62
concentrations_TVLT = 0;11.4;13.29;15.96;18.13;20.32;24.05;26.82;33.16;45.31
corrections_TVLT = 4.76;5.88;4.31;5.37;7.22;7.51;12.47;1.05;3.27;5.17

[biais 2]
concentrations_ARLS = 0;13.18;18.89;23.82;27.79;31.57;34.24;37.83;43.54;48.39
corrections_ARLS = 5.34;6.53;8.06;11.35;10.78;8.62;10.38;8.1;11.27;14.9
concentrations_MILE = 0;13.54;19.69;24.75;27.85;31.65;35.09;39.09;44.05;49.03
corrections_MILE = 4.65;7.41;7.23;8.28;7.78;9.59;8.74;8.77;8.74;9.55
concentrations_MRMV = 0;13.17;18.49;23.6;27.21;30.7;33.36;37.26;42.77;47.3
corrections_MRMV = 5.54;10.89;9.48;7.19;11.69;17.21;22.39;13.42;13.41;10.15
concentrations_MEDE = 0;13.58;19.64;24.69;28.41;31.66;34.72;38.94;43.85;48.95
corrections_MEDE = 3.7;6.5;10.98;10.26;9.59;12.88;8.4;11.32;12.66
concentrations_MRGV = 0;13.07;18.74;24.1;27.59;31.08;33.76;37.83;43.17;47.85
corrections_MRGV = 7.58;14.8;19.29;12.2;14.04;18.11;17.76;17.88;14.51;14.22
concentrations_PSLV = 0;12.97;18.59;23.61;27.72;31.09;33.82;38.19;43.3;48.45
corrections_PSLV = 4.94;6.43;6.53;7.15;8.56;6.82;6.02;11.24;5.96;12.44
concentrations_FSCB = 0;12.53;19.1;24.06;27.64;31.39;34.26;38.59;43.78;48.87
corrections_FSCB = 4.23;8.61;7.17;9.15;14.38;11.61;13.8;14.77;13.54;11.78
concentrations_PDBL = 0;13.85;20.24;24.74;28.73;32.05;35.68;38.89;44.07;48.96
corrections_PDBL = 7.31;7.9;7.6;8.38;8.21;8.32;8.25;9.42;7.07;11.54
concentrations_RBRT = 0;13.01;18.42;23.6;27.34;30.69;33.63;37.3;42.96;47.46
corrections_RBRT = 3.57;6.25;8.98;7.2;7.44;13.42;15.15;13.03;9.88;14.07
concentrations_SLPV = 0;12.54;19.98;24.69;28.33;31.71;37.03;42.88;46.5;53.9
corrections_SLPV = 7.25;12.08;10.58;10.65;19.97;19.81;18.16;15.37;13.69;20.64
concentrations_LCME = 0;11.6;13.45;15.81;17.52;18.89;21.06;24.18;27.15;39.14
corrections_LCME = 5.01;6.4;4.34;4.36;4.46;4.09;9.63;10.07;4.54;2.62
concentrations_TVLT = 0;11.4;13.29;15.96;18.13;20.32;24.05;26.82;33.16;45.31
corrections_TVLT = 4.76;5.88;4.31;5.37;7.22;7.51;12.47;1.05;3.27;5.17
...
```

Dans l'exemple ci-dessus, si la valeur de la concentration au point le + proche de la station « MEDE » est de 23.5 pour un calcul au mois de février, alors la correction qui sera appliquée sera de 10.98.

6.6. Arbres de décision et indices de confiance

Comme nous l'avons vu au cours des chapitres précédents, l'absence de données ou des données incomplètes nécessite de mettre en place des arbres de décisions à différents niveaux. Les choix effectués sont alors accompagnés d'indice de confiance et/ou de qualité sur les cartographies produites (voir les statistiques quand cela est possible).

Les différents niveaux où des tels arbres de décision existent sont :

- l'initialisation météorologique.
- Le calcul du fond.
- Le calcul des cartographies de moyenne journalière.

En fonction des décisions retenues, peuvent alors être associées un indice de confiance sur les cartographies produites. Le résultat est alors un tableau d'indices associé à chaque cartographie produite (un pour J-1, un pour J et un pour J+1). Ce tableau est celui présenté ci-dessous. Les indices dans chaque cellule sont décrits dans les sections suivantes.

Vent	Température	Nébulosité	Fond	Moyenne
X / Y %	X % / Y% / Z%	X % / Y% / Z%	X	X / Y H

Tableau 12 – Indicateurs de confiance

6.5.1 Initialisation météorologique

Vent (vitesse et direction) :

Par défaut, l'initialisation en vent des trois grilles de la plate-forme PM est basée sur les observations ou prévisions au niveau de la station d'Istres. En l'absence de données ou dans le cas d'un trop grand nombre de données manquantes pour un jour donné, se pose le problème d'une approche alternative. Quoiqu'il en soit, les seules autres données à disposition sont les données au niveau de Salon de Provence et de Marignane.

Actuellement, il a été retenu l'arbre de décision suivant :

- Pour chaque station, est calculé le nombre d'échéances disponibles par rapport au nombre d'échéances maximales possibles (actuellement, 24H pour J-1, 8 heures pour J et 4 heures pour J+1).
- Si le plus grand nombre d'échéances disponibles correspond à la station ISTRES, le fichier .met utilise ces données pour la journée concernée⁸. Dans le cas contraire, les données de la station ayant le plus grand nombre d'échéance est retenue, uniquement si ce nombre est supérieur de 1/0.8 à celui de Istres. En cas d'égalité entre Istres et les autres stations, les données de ISTRES sont prioritaires. En cas d'égalité entre Salon et Marignane, les données de Salon sont prioritaires.
- L'indicateur X dans la colonne vent est alors égal à 2 si le choix de la station pour le vent est Istres, 1 si le choix est associé à Salon ou Marignane et égal à 0 si aucune échéance n'est disponible sur les trois stations (auquel cas aucun calcul de dispersion n'est effectué, et cet indicateur permet directement de comprendre pourquoi aucune carte n'est affichée).
- L'indicateur Y % dans la colonne vent indique alors le pourcentage d'échéances disponibles par rapport aux échéances totales possibles (actuellement, 24H pour J-1, 8 heures pour J et 4 heures pour J+1). Par exemple, si pour J, seules 4 échéances sont disponibles, le tableau affichera 50%. A noter que si X=0 alors Y=0% obligatoirement. Ceci inclus les échéances qui ont été interpolées (cf. le point suivant).
- Pour une échéance donnée, en cas de donnée manquante, une interpolation à partir des valeurs adjacentes (avant et après) est effectuée pour cette donnée manquante. Ceci n'est pas effectué pour J+1

⁸ Pour un souci de cohérence sur les données de vent au cours d'une journée entre les échéances de calcul, il a été choisi de considérer le choix de l'origine des données de vent jour par jour et non pas heure par heure. En effet, on aurait pu faire un choix heure par heure, c'est-à-dire, si à une heure donnée le vent n'est pas disponible à Istres, on aurait pu choisir de considérer le vent disponibles à une autre station. Mais une telle méthode aurait pu conduire à une évolution de la direction du vent totalement anarchique au cours de la journée.

en raison du trop faible nombre de valeurs. En effet, comme seulement 4 valeurs journalières sont présentes, l'interpolation se baserait que sur des valeurs espacées d'au moins 12h. Pour J, cette interpolation n'est réalisée que si les valeurs adjacentes sont présentes. Pour J-1, cette interpolation est réalisée si les valeurs adjacentes sont présentes sur une plage horaire maximale de 3 heures avant et 3 heures après.

Température :

Par défaut, l'initialisation en température des trois grilles de la plate-forme PM est basée sur la moyenne des observations ou prévisions au niveau de la station d'Istres, de Salon et de Marignane. Aucun indicateur n'est produit pour savoir si cette moyenne a finalement été calculée à partir des données disponibles aux trois stations, à deux stations ou uniquement à une station. Par contre, l'indicateur X% de la colonne température indique le pourcentage d'échéances pour lesquelles ce calcul de moyenne a pu être effectué par rapport au nombre d'échéances possibles par jour (actuellement, 24H pour J-1, 8 heures pour J et 4 heures pour J+1). Par exemple, si pour J-1, seules 8 échéances sont disponibles, le tableau affichera 33.3%.

Pour les heures pour lesquelles aucune donnée d'observation ou de prévision n'est disponible, il n'est pas possible de laisser une donnée invalide (-999) dans le fichier .met. En effet, en l'absence de donnée de température invalide, ADMS Urban considère alors par défaut une température de 15°C quelque soit l'heure ou le jour, ce qui n'est pas réaliste pour une zone telle que celle étudiée. Il est donc nécessaire de mettre en œuvre une méthode pour fournir une valeur plus réaliste. Pour J-1 et J, une interpolation à partir des valeurs adjacentes (avant et après) est effectuée pour calculer cette valeur. Ceci n'est pas effectué pour J+1 en raison du trop faible nombre de valeurs. Pour J, cette interpolation n'est réalisée que si les valeurs adjacentes sont présentes. Pour J-1, cette interpolation est réalisée si les valeurs adjacentes sont présentes sur une plage horaire maximale de 3 heures avant et 3 heures après. Y% indique alors le pourcentage d'échéances horaires pour lesquelles la température a été interpolée.

Si les valeurs adjacentes sont invalides pour J-1 et J, et dans le cas de J, la valeur manquante est alors issue d'une moyenne climatologique. Cette moyenne climatologique est issue de l'ensemble des relevés de température disponibles sur la zone et sur la plus grande période possible (données METEORES) et a pour paramètre d'entrée l'heure de la journée et le mois (voir tableau ci-dessous). Z% indique alors le pourcentage d'échéances horaires pour lesquelles la température est issue de la climatologie.

heure	jan	fév	mars	avril	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	dec
0h	2.9	4.2	9.5	7.8	18.5	19.7	25.0	22.5	19.8	14.4	9.2	5.6
1h	2.4	3.1	7.2	7.3	17.7	19.2	24.3	21.3	19.3	15.6	8.0	12.5
2h	2.3	3.2	7.9	6.4	16.0	18.9	23.5	20.6	18.7	14.1	9.7	8.6
3h	-1.7	1.1	8.2	7.2	14.0	22.4	23.1	20.3	18.0	13.3	8.7	11.9
4h	1.5	4.3	8.8	7.3	13.8	21.8	22.6	20.0	17.4	16.5	10.1	13.2
5h	-1.1	0.5	8.2	7.7	14.2	21.6	22.1	19.6	17.0	13.7	9.8	2.5
6h	-1.7	6.4	8.7	9.1	17.4	21.0	21.5	19.5	16.7	15.8	8.1	7.6
7h	3.2	2.7	8.9	11.1	18.1	21.3	20.9	19.3	16.2	17.0	8.4	7.0
8h	3.0	7.0	10.6	10.9	17.6	17.6	21.0	20.2	17.6	17.8	11.2	10.7
9h	2.8	7.8	11.4	13.6	18.6	18.7	22.0	20.8	20.8	22.1	14.3	13.4
10h	5.9	7.6	13.5	11.9	19.2	20.5	22.9	22.1	23.9	19.8	12.8	13.5
11h	5.4	11.5	10.5	15.2	20.0	22.0	23.3	23.4	26.1	21.8	17.0	12.8
12h	4.0	13.4	13.7	13.0	20.2	23.9	24.2	23.7	28.4	18.3	16.8	14.5
13h	13.0	12.4	17.1	15.1	20.8	25.5	25.0	26.3	30.0	19.8	15.1	16.0
14h	14.0	11.4	15.2	16.4	20.9	26.1	25.5	27.9	30.8	23.7	15.2	14.0

15h	8.0	8.2	16.3	17.2	20.6	30.0	25.8	29.2	29.6	22.8	14.2	14.2
16h	6.5	7.9	14.7	16.8	20.8	30.0	26.2	27.4	29.0	17.8	14.6	13.9
17h	3.9	12.0	12.8	15.6	20.0	29.7	26.5	27.1	28.4	21.7	14.0	13.1
18h	2.4	7.4	11.3	11.1	20.0	29.0	26.3	26.6	27.5	16.3	12.2	10.1
19h	3.9	10.1	9.6	12.0	18.9	28.3	25.9	26.5	25.6	17.0	9.2	9.0
20h	2.0	7.3	11.5	9.6	17.6	25.2	25.0	25.7	22.8	14.6	10.5	11.4
21h	4.8	9.8	8.9	9.3	16.6	23.5	23.9	25.0	21.8	17.4	8.7	6.8
22h	3.3	8.5	7.8	10.1	15.8	21.9	22.8	23.6	21.4	13.1	9.3	7.5
23h	4.4	7.6	8.3	8.6	15.2	20.7	22.4	23.0	21.3	14.9	8.6	10.9

Tableau 13 – Climatologie de la température (°C) sur la zone d'étude, utilisée en absence de données d'observation/prévision.

Si $X + Y + Z$ n'est pas égal à 100%, le reste correspond aux échéances horaires pour lesquelles aucune valeur de température n'a pu être fournie dans le fichier .met par rapport aux échéances totales possibles du jour considéré.

Nébulosité :

Par défaut, l'initialisation en nébulosité des trois grilles de la plate-forme PM est basée sur la moyenne des observations ou prévisions au niveau de la station d'Istres, de Salon et de Marignane. Aucun indicateur n'est produit pour savoir si cette moyenne a finalement été calculée à partir des données disponibles aux trois stations, à deux stations ou uniquement à une station. Par contre, l'indicateur X% de la colonne température indique le pourcentage d'échéances pour lesquelles ce calcul de moyenne a pu être effectué par rapport au nombre d'échéances possibles par jour (actuellement, 24H pour J-1, 8 heures pour J et 4 heures pour J+1). Par exemple, si pour J+1, 4 échéances sont disponibles, le tableau affichera 100%.

Pour les heures pour lesquelles aucune donnée d'observation ou de prévision n'est disponible, la première possibilité est alors d'utiliser les données de rayonnement solaire disponibles (de la même manière en calculant une moyenne de ce paramètre à partir des données d'Istres, Salon et Marignane). Une estimation de la nébulosité est alors effectuée à partir de cette donnée de rayonnement solaire. L'indicateur Y% indique alors le pourcentage d'échéances horaires pour lesquelles la nébulosité est estimée à partir du rayonnement solaire.

Si aucune donnée de rayonnement n'est disponible le jour ou si l'échéance correspond à la nuit (les données de rayonnement ne sont pas valides et ne doivent pas être utilisées), les données de nébulosité manquantes sont calculées par interpolation à partir des valeurs adjacentes (avant et après). Ceci n'est pas effectué pour J+1 en raison du trop faible nombre de valeurs. Pour J, cette interpolation n'est réalisée que si les valeurs adjacentes sont présentes. Pour J-1, cette interpolation est réalisée si les valeurs adjacentes sont présentes sur une plage horaire maximale de 3 heures avant et 3 heures après. Z % représente alors le pourcentage d'échéances horaires pour lesquelles la nébulosité a été estimée.

Si $X + Y + Z$ n'est pas égal à 100%, le reste correspond aux échéances horaires pour lesquelles aucune valeur de nébulosité n'a pu être fournie dans le fichier .met par rapport aux échéances totales possibles du jour considéré.

Précipitation :

A ce jour les précipitations ne sont pas prises en compte de part leur non présence dans METEORES.

6.5.2. Calcul du fond

Comme indiqué précédemment, le fond est calculé à partir des données d'observation du jour J-1 (en considérant toutes les stations d'observation). En fonction de la disponibilité des données, la procédure de calcul de la pollution

de fond renvoie une valeur de fond à chaque échéance horaire ainsi qu'un indicateur. Cet indicateur permet de valider le calcul effectué. Si cela n'est pas le cas, le calcul du fond est alors réalisé à partir des données d'observation du jour J-2. Si également ces données ne sont pas suffisantes pour calcul un fond représentatif, le fond utilisé correspond alors à une climatologie (voir section 3.1).

L'indicateur X de la colonne fond est alors égal à 2 si le fond est issu de J-1, 1 si le fond est issu de J-2 et 0 si le fond est issu de la climatologie.

6.5.3. Calcul des cartographies journalières

En fonction des données disponibles en vent et nébulosité, un calcul de dispersion est alors effectué ou non pour chaque échéance horaire. Il en résulte que la carte de la moyenne journalière affichée sur le site SIMALIS pour chaque jour (J-1, J et J+1) n'est pas forcément calculée à partir de toutes les échéances possibles du jour considéré (actuellement, 24H pour J-1, 8 heures pour J et 4 heures pour J+1). L'indicateur X /Y H permet alors d'indiquer le nombre d'échéances utilisées pour ce calcul de moyenne (X) en rappelant le nombre d'heures totales possibles pour la jour considéré (à ce jour, Y H = 24 H pour J-1, 8H pour J et 4H pour J+1).

Conclusions



7. Conclusions

A ce jour la plate-forme de surveillance des PM₁₀ sur la zone d'intervention d'AIRFOBEP est complètement opérationnelle. Elle permet de délivrer quotidiennement une carte analysée (intégrant les observations) de la pollution en poussières du jour précédent ainsi qu'une prévision pour le jour même et le lendemain.

En complément du site AIRFOBEP géré par SIMALIS, un site internet géré par NUMTECH a été mis en oeuvre afin d'une part de permettre un suivi à distance du fonctionnement de la plate-forme par AIRFOBEP. D'autre part, ce site permet de suivre au jour le jour les statistiques des cartes produites. Ces cartes de moyenne journalières sont alors accompagnées d'indicateurs de confiance vis-à-vis de la qualité et du nombre d'échéances horaires disponibles en terme de données météorologiques ou chimiques. Enfin, ce site permet à posteriori de calculer des statistiques

Une première évaluation des performances de la plate-forme a été réalisée sur la période du 1^{er} juin au 31 octobre. Les résultats sont encourageants avec par exemple un biais moyen sur les concentrations journalières au environ de 5 µg/m³ quelque soit la station (cycle de simulation J-1). Ce biais moyen cache en réalité une sur-estimation des faibles concentrations journalières (inférieures à 15 µg/m³) et une sous-estimation des fortes concentrations journalières (supérieures à 40 µg/m³). Pour les autres cycles de simulation (J et J+1), il est difficile de conclure compte tenu du nombre d'échéances associé à chaque journée pour ces cycles. Il faut également rappeler que ces performances sont entachées de biais de part le fait que, sur la période étudiée, de nombreux ajustements ont été réalisés (choix de la météorologie, calcul du fond, intégration du biais, ...) sur le fonctionnement de la plate-forme opérationnelle.

Les perspectives à ce projet sont ainsi les suivantes :

- Relancer l'ensemble de la plate-forme PM sur l'année 2008 afin de disposer dans jeu de données cohérent et à jour sur cette période. En outre, cela permettra de calculer une carte de la moyenne annuelle en PM₁₀ pour 2008. Il serait bon alors de pouvoir améliorer l'interface internet NUMTECH en intégrant une nouvelle fonction qui permet de calculer et afficher une cartographie moyenne sur la période souhaitée (ou alors automatiquement de calculer une cartographie de moyenne mensuelle pour chaque mois et la cartographie de la moyenne annuelle).
- L'utilisation des données de prévisions Météo France conduit à la production de cartes de moyennes journalières de qualité moindre que la carte de surveillance du jour J-1 de part le nombre d'échéances horaires disponibles (8 pour J et 4 pour J-1 en lieu de place de 24). Il serait intéressant de pouvoir utiliser de prévisions météorologiques disponibles à chaque heure et qui plus est de résolution spatiale plus fine que les prévisions Météo France. Ceci pourrait être réalisé à partir des prévisions NUMTECH sur la zone.
- Actuellement le calcul du fond est issu uniquement des stations d'observation d'AIRFOBEP et ne considère qu'une valeur homogène sur toute la zone d'étude. Il serait intéressant de disposer d'un fond spatialisé. Pour ce faire, la voie d'amélioration consisterait à utiliser les prévisions (pour J et J+1) et analyse (pour J-1) issus de la plate-forme PREV'AIR. Les analyses seraient alors corrigées localement à partir des observations du réseau AIRFOBEP. En outre, l'utilisation du fond PREV'AIR aurait probablement pour conséquence de diminuer l'importance de la correction des simulations réalisée actuellement lors de l'étape d'ajout du biais.

■ Table des figures

Figure 1 - Localisation des 6 grilles définies lors de l'étude précédente	7
Figure 2 - Localisation des grilles de calcul ADMS sur le territoire AIRFOBEP	8
Figure 3 - Résolution spatiale et points de grilles des 3 grilles retenues	9
Figure 4 - Sources communes aux 3 grilles de calcul	9
Figure 5 - Caractéristiques de la grille A	10
Figure 6 - Caractéristiques de la grille B	10
Figure 7 - Caractéristiques de la grille C	11
Figure 8 - Localisation des stations météorologiques utilisées dans l'étude faisabilité	11
Figure 9 - Stations météorologiques prises en compte dans le cadre de l'étude	12
Figure 13 - Concentration moyenne horaire en PM10 des stations de mesures du réseau AIRFOBEP et valeur de la pollution de fond particulaire pour le mois de janvier 2002.	21
Figure 14 - Exemple de production d'une carte analysée au moyen de l'interpolation en 1/R2 (en haut : carte avant interpolation des données d'observation, en bas : carte après interpolation des données d'observation)	28
Figure 15 - Exemple d'affichage de la fenêtre « log » de l'interface web de contrôle	32
Figure 16 - Exemple d'affichage de la fenêtre « Cartes » de l'interface web de contrôle	33
Figure 17 - Exemple d'affichage de la fenêtre « statistiques journalières » de l'interface web de contrôle	34
Figure 18 - Exemple d'affichage de la fenêtre « statistiques globale » de l'interface web de contrôle	36
Figure 19 - Architecture du système sur une seule machine	43
Figure 20 - Architecture du système sur plusieurs machines	44
Figure 21 - Fichier J-1.MET	46
Figure 22 - Fichier J0.MET ou J1.MET issu des prévisions météorologiques NUMTECH	46
Figure 23 - Fichier J0.MET issu des prévisions météorologique Météo France	47
Figure 24 - Fichier J1.MET issu des prévisions météorologique Météo France	47
Figure 25 - Exemple de cartographie tracée avec Surfer	50
Figure 26 - Exemple de fichier statistique (généralisé le 16/09/2010)	51
Figure 27 - Exemple de fichier de log	53
Figure 28 - Interface de l'outil de calcul PM en fonctionnement monoposte	54
Figure 29 - Interface de l'outil de calcul PM en fonctionnement multiposte ;	55
Figure 30 - Fenêtre de forçage de l'outil de calcul PM	56

■ Table des tableaux

Tableau 1 - Phénomènes pris en compte dans la modélisation	6
Tableau 2 - Comparaison des moyennes journalières mesurées et simulées lorsque l'on prend un temps d'intégration de 24h.....	22
Tableau 3 - Comparaison des moyennes journalières mesurées et simulées lorsque l'on prend un temps d'intégration de 48h.....	23
Tableau 4 - Fond climatologique (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) utilisé en absence de données d'observation	24
Tableau 5 - Biais ajouté par gamme de concentration (simulée + fond).....	25
Tableau 6 – Performances aux stations sur la concentration moyenne journalière (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) (période du 1er juin 2008 au 31 octobre 2008) pour le cycle de simulation J-1	37
Tableau 7 – Performances aux stations sur la concentration moyenne journalière (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) (période du 1er juin 2008 au 31 octobre 2008) pour le cycle de simulation J	38
Tableau 8 – Performances aux stations sur la concentration moyenne journalière (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) (période du 1er juin 2008 au 31 octobre 2008) pour le cycle de simulation J+1	38
Tableau 9 – Performances calculées par classes de concentration moyenne journalière (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) à la station de Salon de Provence(période du 1er juin 2008 au 31 octobre 2008) pour le cycle de simulation J-1	38
Tableau 10 – Performances calculées par classes de concentration horaire (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) à la station de Salon de Provence(période du 1er juin 2008 au 31 octobre 2008) pour le cycle de simulation J-1	39
Tableau 11 – Comparaison des moyennes journalières observées et simulées (cycle J-1) pour les jours de dépassement observés du seuil de 50 sur l'ensemble des stations (période du 1er juin 2008 au 31 octobre 2008). Le nombre d'heures associé à chaque concentration correspond au nombre d'heures utilisées pour calculer la moyenne journalière.....	40
Tableau 12 – Indicateurs de confiance	65
Tableau 13 – Climatologie de la température ($^{\circ}\text{C}$) sur la zone d'étude, utilisée en absence de données d'observation/prévision.....	67

Annexe : Le modèle de dispersion ADMS-Urban

Le système de gestion de la qualité de l'air **ADMS-Urban** repose sur le modèle de dispersion atmosphérique **ADMS** (*Atmospheric Dispersion Modelling System*), utilisé, reconnu et validé internationalement. Considéré par l'INERIS⁹ comme la nouvelle génération des modèles de dispersion atmosphérique, il a été validé grâce au « Model Validation Kit »¹⁰, outil européen d'évaluation des modèles de dispersion. Il se base en effet sur les technologies et les connaissances les plus récentes dans le domaine, et remplace l'ancienne génération des modèles de dispersion.

Le modèle ADMS est développé depuis 1993 par le *Cambridge Environmental Research Consultant* (CERC), groupe de chercheurs de Cambridge (Royaume-Uni). Les versions sont régulièrement réactualisées, afin de tenir compte des dernières avancées technologiques et de l'évolution du cadre réglementaire. Le logiciel est distribué de façon exclusive en France par la société **NUMTECH**, qui en assure également la maintenance technique et les développements spécifiques.

ADMS-Urban n'est pas un simple modèle de dispersion atmosphérique, mais bien un système de gestion de la qualité de l'air à l'échelle de la rue, du quartier, de la ville ou de l'agglomération. Outre un modèle de dispersion, il intègre en effet de nombreux modules permettant par exemple la gestion de bases de données telles que les inventaires d'émissions, ainsi que des liaisons directes avec des Systèmes d'information géographiques SIG (ARCVIEW et MAPINFO).

Il permet par ailleurs de prendre en compte la dispersion simultanée de nombreux polluants (NO_x, CO, SO₂, COV, Particules,...), pouvant provenir de plus de 6000 sources différentes :

- les routes et les trafics associés (jusqu'à 75 000 brins peuvent être considérés).
- les sources industrielles ponctuelles et surfaciques,
- les sources diffuses (utilisées sous forme de cadastres).

Les applications d'un tel système sont très diverses, puisqu'elles vont de l'étude d'impact de la construction d'une nouvelle infrastructure routière (par exemple en concentrations moyennes annuelles), jusqu'à la prévision à plusieurs jours de la qualité de l'air à l'échelle de la rue, du quartier ou de l'agglomération. Il est déjà utilisé dans de nombreuses agglomérations du monde entier : Strasbourg, Londres, Budapest, Rome, Shanghai...

Modèle mathématique de dispersion

ADMS intègre de nombreux modules couplés, permettant de tenir compte de tous les effets complexes sur la dispersion des polluants : topographie, effets « canyons », turbulence liée au trafic, phénomènes météorologiques complexes (inversions de température),...

En fonctionnement normal, le modèle de dispersion travaille en régime stationnaire pour une situation météorologique donnée, les situations météorologiques étant réactualisées toutes les heures. ADMS travaille en effet en mode séquentiel horaire, ce qui permet de prendre en compte l'évolution temporelle des conditions météorologiques durant de la journée. L'utilisation de données statistiques annuelles donne

⁹ Evaluation des risques sanitaires liés aux substances chimiques dans l'étude d'impact des installations Classées pour la Protection de l'Environnement. INERIS, 30 novembre 2001, version 3.0 ; 181 pages.

¹⁰ Hanna S.R., Egan B.A., Purdum J. and Wagler J. (1999), *Evaluation of ISC3, AERMOD, and ADMS Dispersion Models with Observations from Five Field Sites*. HC Report P020, API, 1220 L St. NW, Washington, DC 20005-4070, 1999

en effet des résultats peu satisfaisants en terme de dispersion des polluants. Pour une étude de qualité de l'air à l'échelle d'une rocade, d'un quartier ou d'une agglomération, l'utilisation d'un schéma de dispersion fonctionnant en régime stationnaire pendant des échelles de temps de l'ordre de l'heure est tout à fait adéquate, car précis en terme de dispersion et relativement peu coûteux en temps de calcul. Les valeurs réglementaires font d'ailleurs référence à des échantillonnages effectués généralement à une résolution temporelle horaire.

La grille de calcul est ajustable (discrétisation du domaine), la résolution variant du mètre à quelques centaines de mètres. A noter que le système permet un maillage « intelligent », en plaçant lui-même jusqu'à 5000 points de calculs (capteurs virtuels) aux endroits où les gradients de concentration sont importants (le long et au bord des grands axes). Il permet également de disposer des points « spécifiques » correspondant à des localisations particulières, très utiles dans le cadre d'une comparaison modèle/mesures ou dans l'élaboration de courbes de polluants en fonction de la distance à la source.

Echelle spatiale

Le domaine de modélisation est choisi en fonction des spécificités et des objectifs de l'étude. Il peut s'étendre de la rue (« Canyon street »), avec une prise en compte des effets de turbulence liés au trafic et aux effets « canyons », jusqu'à l'agglomération (~ 40x40 km²), ou des phénomènes tels que la photochimie ou la formation « d'îlots de chaleur urbains » sont considérés.

Principaux modules intégrés au système

Outre le modèle de dispersion, le système comprend de nombreux modules permettant d'étudier la qualité de l'air à l'échelle de la rue/route, du quartier ou de l'agglomération :

- **Modèle de terrain** : à partir de paramètres météorologiques moyens, le modèle d'écoulements fluides FLOWSTAR calcule en 3D tous les champs de vent (résolution de l'ordre de 100 m) et de turbulence en prenant en compte l'effet de la topographie et de la rugosité du sol.
- **Pré-processeur météorologique** : A partir de données météorologiques mesurées au sol, un pré-processeur météorologique calcule dans les 3 dimensions, les paramètres de la couche atmosphérique de dispersion (entre le sol et 2000 mètres d'altitude).
- **Modèle de dépôt** : calcul du dépôt sec et du lessivage par les pluies des polluants. Prise en compte de la taille des particules lors de la dispersion. Jusqu'à 10 tailles de particules peuvent être considérées, ce qui permet de prendre en compte des spectres dimensionnels de particules ;
- **Modèle de trajectoire des panaches** : pour les sources ponctuelles (cheminées industrielles...), un modèle dynamique calcule intégralement la trajectoire des panaches émis (sur-élévation) à partir des vitesses d'éjection et des températures des rejets ;
- **Modèle de bâtiment** : ce modèle dynamique permet de calculer l'influence turbulente des bâtiments proches des sources industrielles sur la dispersion, ainsi que les effets de sillage des cheminées ;
- **Modèle photochimique** : ADMS intègre un code photochimique incluant la chimie des NO₂, NO, O₃ et COV (Schéma de 7 réactions). Il utilise notamment les données de rayonnements solaires pour calculer les taux de photolyse. Un tel module est indispensable si l'on souhaite correctement estimer les concentrations de NO₂ notamment.
- **Modèle des effets « Street Canyon »** : prise en compte des phénomènes de recirculations dans les rues, et de la turbulence provoquée par le passage des véhicules entre les bâtiments ;

- **Module statistique** : ce module permet notamment de faire des comparaisons directes avec les valeurs réglementaires.

Principales données d'entrée

- *Météorologie* : Données météorologiques de surface, mesurées de préférence à fréquence horaire (format Météo France): vitesse et direction du vent, température sous abri, nébulosité, précipitations...
- *Les paramètres d'émission* : localisation des sources et tronçons, taux d'émission (horaires ou TMJA, profils quotidiens), largeur des voies et hauteur du bâti, émissions industrielles (position et caractéristiques des cheminées) et diffuses (tertiaire, COV)...
- *Topographie de la zone d'étude*: relief et occupation des sols (milieu urbain, hauteur moyenne du bâti...),

Types de sorties et résultats issus de ADMS

- Résultats à court-terme (horaires, journaliers, études de cas) ou à long terme (moyennes annuelles, percentiles, valeurs maximales..).
- Présentation des résultats sous forme de cartographies facilitée par des liens directs avec des SIG (ARCVIEW et MAPINFO) et des systèmes logiciels graphiques reconnus (SURFER).
- Tableaux synthétiques, comparaisons directes avec les valeurs réglementaires ;

Validation

Le modèle de dispersion ADMS et le système ADMS-Urban ont été validés au cours de campagnes internationales ou par comparaisons à des valeurs expérimentales (tests en soufflerie,...). Les résultats de ces tests et validations ont été publiés dans des revues scientifiques internationales, que la société NUMTECH tient à votre disposition. Il a récemment donné d'excellent résultats sur la ville de Londres. Il est actuellement utilisé par 13 AASQA en France, telle que l'ASPA , AIRPARIF, Atmo PACA, ...