

### Note technique

#### PREV'AIR-URGENCE

#### Organisation et produits de la chaîne de calcul

Frédéric Meleux (INERIS), Laure Malherbe (INERIS)

#### SYNTHESE

Afin de répondre aux exigences de l'arrêté du 26 mars 2014 concernant le déclenchement des procédures d'information et d'alerte, les Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air doivent être en mesure d'estimer sur leur territoire de compétence les surfaces et populations touchées par des dépassements de seuil. Pour les aider dans cette tâche, des développements spécifiques ont été réalisés dans PREV'AIR. La chaîne de calcul mise en place, dédiée à la prévision des dépassements des valeurs limite de qualité de l'air et dénommée PREV'AIR-Urgence, est désormais opérationnelle. La présente note en décrit le fonctionnement et les produits ainsi que les évolutions envisagées.

## 1. CONTEXTE ET INTRODUCTION

---

L'arrêté du 26 mars 2014 dit « arrêté Mesures d'urgence » prévoit que le déclenchement des procédures préfectorales en cas d'épisode de pollution dans l'air ambiant se fasse non pas seulement sur constat mais également sur prévision de dépassement de valeur seuil. Des critères sur la surface concernée, le nombre d'habitants exposés au dépassement et la persistance des dépassements définissent les épisodes de pollution et son intensité qui détermine la procédure à mettre en œuvre et son déclenchement.

Le tableau ci-dessous décrit les seuils réglementaires pour lesquels les critères sont évalués :

**Tableau 1 : Polluants et seuils réglementaires pour lesquels PREV'AIR-Urgence évalue les critères de l'arrêté « Mesures d'urgence ».**

Polluant	Seuil d'information et de recommandations	Seuil d'alerte
PM <sub>10</sub>	50 µg/m <sup>3</sup> en moyenne journalière	80 µg/m <sup>3</sup> en moyenne journalière
O <sub>3</sub>	180 µg/m <sup>3</sup> en moyenne horaire	240 µg/m <sup>3</sup> en moyenne horaire

Le critère surfacique est validé dès que la surface régionale concernée par des concentrations au-dessus du seuil réglementaire est supérieure à 100 km<sup>2</sup>. Le critère de population est validé lorsque le nombre d'habitants exposés à des concentrations supérieures au seuil réglementaire représente plus de 10% de la population totale du département dans les départements de plus de 500000 habitants ou s'élève à plus de 50000 habitants dans les départements de moins de 500000 habitants. Ces critères sont évalués pour tous les seuils réglementaires définis dans le tableau 1.

Dans ce contexte, il est demandé aux AASQA de développer leur expertise de façon à assister les autorités locales dans le déclenchement de ces procédures. Un certain nombre d'AASQA disposent de systèmes de modélisation qui leur permettent de répondre à cette attente mais toutes ne sont pas dans ce cas. En conséquence, des travaux ont été engagés dans PREV'AIR afin de fournir aux AASQA les informations cartographiques et numériques nécessaires pour évaluer les critères de l'arrêté.

La présente note décrit le fonctionnement de la chaîne de calcul mise en place, dénommée PREV'AIR-Urgence, les cartes et données qui en résultent et les méthodologies employées.

Cette chaîne repose sur les modèles et méthodologies développés dans PREV'AIR. Mais pour répondre rigoureusement aux exigences de l'arrêté mesure d'urgence, des développements ont été réalisés afin d'adapter les calculs, évaluer les critères et en fournir une estimation la plus précise possible. Le format des produits de sortie tient compte des propositions des AASQA qui ont participé à une phase de test en 2013 et 2014.

## 2. DEROULEMENT DES CALCULS

---

Les évaluations fournies par PREV'AIR-Urgence concernent l'ozone et les PM<sub>10</sub>. Elles reposent sur l'analyse des simulations pour la veille (J-1) et l'adaptation statistique pour les prévisions J+0, J+1 et J+2 issues de la filière principale de PREV'AIR. Bien qu'elles exploitent

les mêmes données d'entrée et utilisent les mêmes méthodes que la filière principale, ces opérations ont été refaites et adaptées spécifiquement pour PREV'AIR-Urgence (cf. §3).

L'organisation des calculs est présentée dans le tableau ci-après.

**Tableau 2 : Déroulement des calculs. En bleu : tâches effectuées spécifiquement pour PREV'AIR Urgence.**

Date de lancement	Heure de lancement (TU)	Calculs réalisés
J-1	16h35	CHIMERE AFM 0.1° x 0.15° J-1 J+0, J+1, J+2
J	2h30	Récupération des observations France + Europe (base nationale et base européenne)
J	4h30	Adaptation statistique J+0, J+1 et J+2 et évaluation des dépassements du seuil d'information Dépôt sur les comptes AASQA
J	5h00	Analyse J-1 et évaluation des dépassements du seuil d'information Dépôt sur les comptes AASQA
J	6h00	Analyse J-1 et évaluation des dépassements du seuil d'alerte Dépôt sur les comptes AASQA
J	6h30	Adaptation statistique J+0, J+1 et J+2 et évaluation des dépassements du seuil d'alerte Dépôt sur les comptes AASQA

Les résultats de PREV'AIR-Urgence sont déposés sur les comptes des AASQA sur le site PREV'AIR, dans les répertoires AMU (évaluation des dépassements des seuils d'information) et AMU2 (évaluation des dépassements des seuils d'alerte).

Dans chaque région française, pour chaque polluant, chaque seuil (voir tableau 1) et chaque échéance (J-1, J+0 et J+1, un fichier est fourni avec la nomenclature suivante :

{O3 ;PM10}\_{Analyse ;AS}\_AFMH\_{date}\_{DAVE ;PMAP}\_{D-1,D+0,D+1}\_R{code région}.dat

L'extension « DAVE » désigne la moyenne journalière et est liée aux particules PM<sub>10</sub> alors que l'extension « PMAP » désigne le pic journalier et concerne l'ozone.

Ce fichier (exemple en Figure 1) se décompose en plusieurs parties. En en-tête, se trouve une synthèse des informations pour la région et l'évaluation des critères à la fois de surface et de population. La surface en dépassement est fournie en m<sup>2</sup> et la population exposée à ces mêmes dépassements en nombre d'habitants.

Les deux dernières lignes de cet en-tête indiquent la vérification ou non des critères de surface et de population sur deux lignes distinctes. Un critère est dit vérifié si sa valeur est strictement supérieure au seuil minimal établi dans l'arrêté.

Ensuite sous cette première partie, l'information est décomposée par département (ceux qui constituent la région concernée) en fournissant pour chacun l'évaluation du critère de population ainsi que la surface en dépassement à titre d'information. Des données complémentaires sur les concentrations estimées sur chaque département (valeur maximale et moyenne) sont aussi incluses.

```

S0 Produit : Adaptation statistique
S0 Resultat pour la region : NORD-PAS-DE-CALAIS

S0 Code de la region : 31
S0 Polluant : PM10
S0 Seuil de depassement : 50
S0 Date D+0 : 20140917
S0 Nombre de mailles : 1352
S0 Nb habitants dans la region : 4042818
S0 Nb habitants concernes : 398812
S0 Nb habitants concernes en % : 9.9
S0 Surface en m2 couverte par la region : 12633638559
S0 Surface en m2 concernee : 1279423652
S0 Surface concernee en % : 10.1
S0 Maximum sur la region : 55.6
S0 Moyenne sur la region : 36.4
S0 Critere sur popu : non_vérifié
S0 Critere sur surf : vérifié
S0 -----
S-1
S00 Resultat pour le departement : NORD
L01 Date D+0 : 20140917
L02 Produit : Adaptation statistique
L03 Polluant : PM10
L04 Seuil de depassement : 50
S05 Code departement : d59
L06 D+0 : Nombre de mailles en depassement : 937
L07 D+0 : Nb habitants dans le depart. : 2577092
L08 D+0 : Nb habitants concernes : 265084
L09 D+0 : Nb habitants concernes en % : 10.3
L10 D+0 : Surface du departement en m2 : 5751079907
L11 D+0 : Surface concernee en m2 : 871471656
L12 D+0 : Surface concernee en % : 15.2
L13 D+0 : Maximum sur le departement : 55.6
L14 D+0 : Moyenne sur le departement : 34.9
S06 D+0 : Critere sur popu : vérifié

```

Figure 1 : Exemple de fichier PREV'AIR-Urgence transmis à l'AASQA Nord Pas-de-Calais pour la journée du 17/09/2014 pour le polluant PM<sub>10</sub> et le seuil de 50 µg/m<sup>3</sup>.

La disponibilité de ces fichiers d'évaluation des critères de l'arrêté « Mesures d'urgence » est renforcée par la supervision de la production des sorties PREV'AIR réalisée en 24/7 par une équipe d'astreinte.

Actuellement le calcul est opéré quotidiennement pour les 22 régions de métropole (Figure 2).

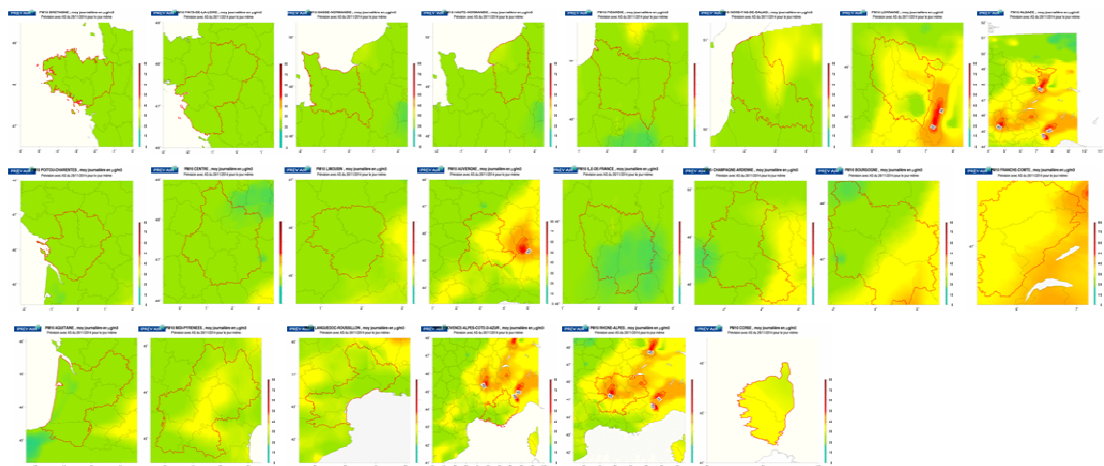


Figure 2 : Les 22 régions françaises concernées par la production de PREV'AIR-Urgence

### 3. METHODOLOGIE

Quotidiennement PREV'AIR fournit un résultat de simulation à 17H TU concernant le jour-même et les 3 journées à suivre. A partir de ces éléments, et de la récupération des observations en cours de nuit vers 3h TU, des calculs additionnels, dénommés analyse et adaptation statistique, viennent améliorer la qualité des sorties brutes de modèle pour établir les produits de référence de PREV'AIR et PREV'AIR-Urgence. Ces produits seront utilisés comme meilleure représentation de la répartition de la pollution en surface pour la veille dans le cas de l'analyse et comme meilleure prévision de cette répartition pour les 3 jours à venir dans le cas de l'adaptation statistique. Les méthodologies employées sont décrites brièvement en annexe.

Ces deux traitements, analyse (J-1) et adaptation statistique (J+0 à J+2), reposent en partie sur les observations et sont donc très dépendants de la qualité des observations à disposition pour ces calculs mais également de la densité de ces observations. Plus nombreuses elles seront, meilleur sera le traitement correctif.

Par rapport à PREV'AIR, les sorties de ces traitements sont réalisées à une échelle plus fine de 1 km<sup>2</sup> sur la France, ce qui permet de mieux incorporer la variabilité spatiale fournie par les observations dans les zones urbaines où la densité des stations est plus importante. L'utilisation d'un maillage de 1km de résolution facilite en outre le croisement avec les données de population ainsi qu'il est mentionné ci-après.

A partir de ces sorties, l'évaluation des surfaces en dépassement est réalisée en sommant les mailles à 1 km de résolution horizontale dont la valeur de concentration excède le seuil réglementaire concerné par le calcul. Pour les mailles chevauchant plusieurs régions ou départements le calcul prend en compte le pourcentage de la surface compris dans la région ou le département ciblé par le calcul.

Cette étape permet d'ores et déjà d'évaluer le critère surfacique de l'arrêté « Mesures d'urgence » au niveau régional.

En complément, une information qualitative sur la précision de l'estimation spatiale est fournie sous la forme d'une carte qui qualifie le territoire selon trois catégories: absence de dépassement, dépassement, situation indéterminée. Le principe d'élaboration de cette carte

est présenté en annexe. Ce résultat n'intervient pas dans la vérification du critère mais peut aider les AASQA à affiner leur diagnostic.

Les surfaces en dépassement sont ensuite croisées avec la base de données de population établie selon les travaux de [Létinois ; 2013<sup>1</sup>] et fournie sur le même maillage (Figure 3) que les sorties à 1 km de résolution des traitements d'adaptation statistique et d'analyse.



**Figure 3: Population spatialisée sur la France selon une maille de 1 km x 1 km (données carroyées INSEE, ajustées en fonction de la population recensée par IRIS<sup>2</sup>)**

Cette nouvelle étape permet d'estimer le nombre d'habitants exposés à des concentrations supérieures aux seuils réglementaires dans chacun des départements composant la région concernée par les calculs. En comparant ensuite avec les exigences fixées par l'arrêté, le critère de population est validé ou non pour chaque département.

#### **4. EVALUATION DE PREV'AIR-URGENCE**

---

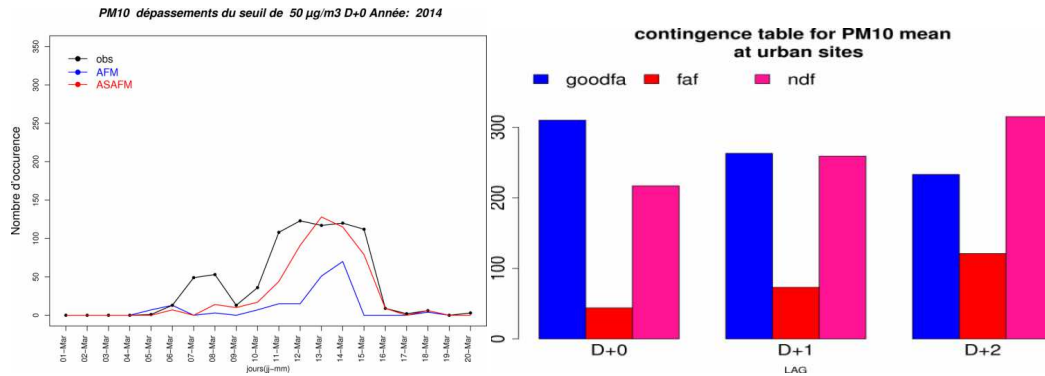
Comme pour toute nouvelle filière, des réglages peuvent être effectués afin d'optimiser la qualité des calculs. Pour identifier ces points d'amélioration ainsi que pour fournir une évaluation des estimations de PREV'AIR aux utilisateurs en région, des calculs de scores et d'indicateurs de suivi ont été mis en place.

L'évaluation des sorties de PREV'AIR–Urgence bénéficie des filières de scores de PREV'AIR (Figure 4, Figure 5) permettant d'évaluer la capacité des modèles de prévision à détecter des dépassements de seuils réglementaires. Ces évaluations s'appuient sur des séries temporelles ou des tables de contingence permettant de représenter les dépassements des seuils réglementaires identifiés par les prévisions PREV'AIR sur les 3 jours de prévision par rapport aux dépassements effectivement observés.

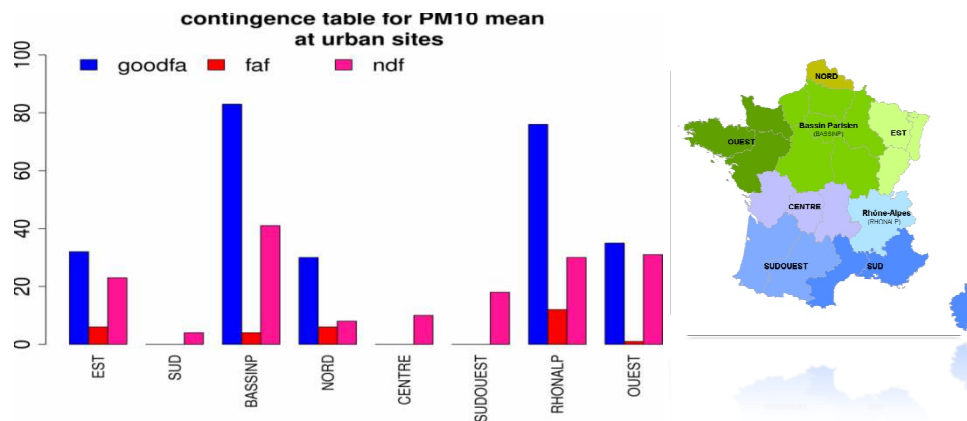
---

<sup>1</sup> Létinois L., 2013. Méthodologie de répartition spatiale de la population. Rapport LCSQA, [www.lcsqa.org](http://www.lcsqa.org).

<sup>2</sup> En 2015, ces données seront remplacées par les données de population spatialisées selon la méthodologie MAJIC (Létinois, 2014, rapport à paraître) et agrégées par maille.



**Figure 4 : Représentation des performances de PREV'AIR sur la détection des seuils réglementaires ; Ici cas de l'épisode de particule du mois de mars 2014 (1<sup>er</sup> mars au 20 mars) pour le seuil de 50 µg/m<sup>3</sup>. A gauche, série temporelle du nombre de dépassements observés (en noir) et prévus (en couleur) avant (AFM) et après (ASAFM) adaptation statistique sur l'ensemble des stations françaises lors du J+0. A droite, table de contingence, récapitulant sur la période et par échéance de prévision les bonnes prévisions de dépassement (goodfa), les fausses alertes (faf) et les dépassements non détectés par les prévisions (ndf).**



**Figure 5 : A gauche déclinaison de la table de contingence nationale en version régionale pour 8 macro-régions décrites à droite à J+0**

Dans le cadre de PREV'AIR-Urgence, ce type d'évaluation est fait à la suite de tout épisode d'ampleur nationale sur une période restreinte à cet épisode.

En plus de ces évaluations, de nouveaux indicateurs ont été construits afin d'analyser la capacité des prévisions à détecter les critères définis dans l'arrêté « Mesures d'urgence ». Pour cela, nous considérons que l'analyse fournit la meilleure représentation possible des champs de pollution (PM<sub>10</sub> et O<sub>3</sub>) et donc la meilleure estimation de la vérification ou non des critères à partir de laquelle les critères prévus (J+0 à J+1) sont évalués.

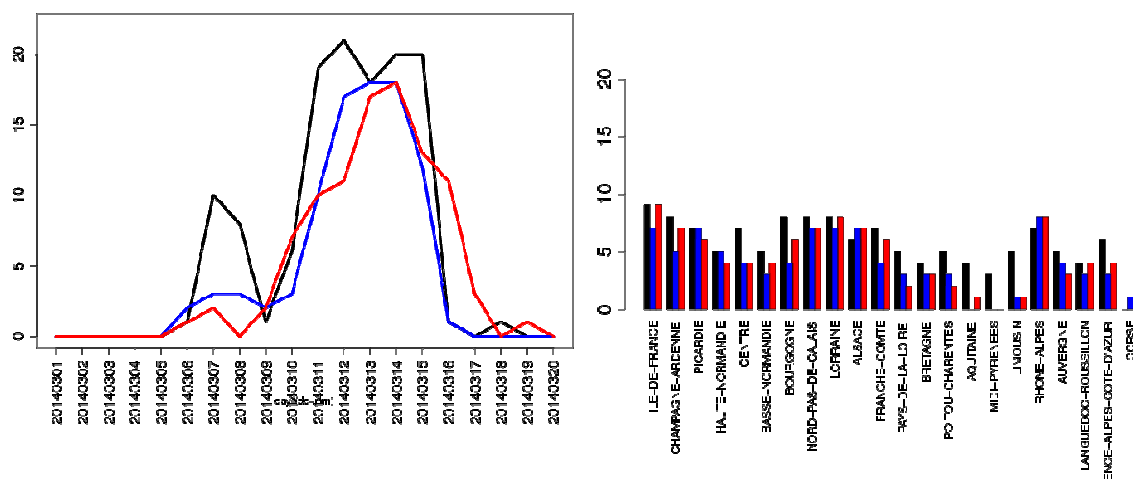


Figure 6 : A gauche, série temporelle du nombre de validations sur la France du critère régional surfacique ( $100 \text{ km}^2$  au dessus du seuil de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) lors de l'épisode de particules du mois de mars 2014. A droite, le nombre cumulé par région de validations du critère régional surfacique sur la période du 1<sup>er</sup> au 20 mars 2014. En noir l'analyse (meilleur estimateur possible de la validation des critères) et en couleur les prévisions (bleu J+0 et rouge J+1).

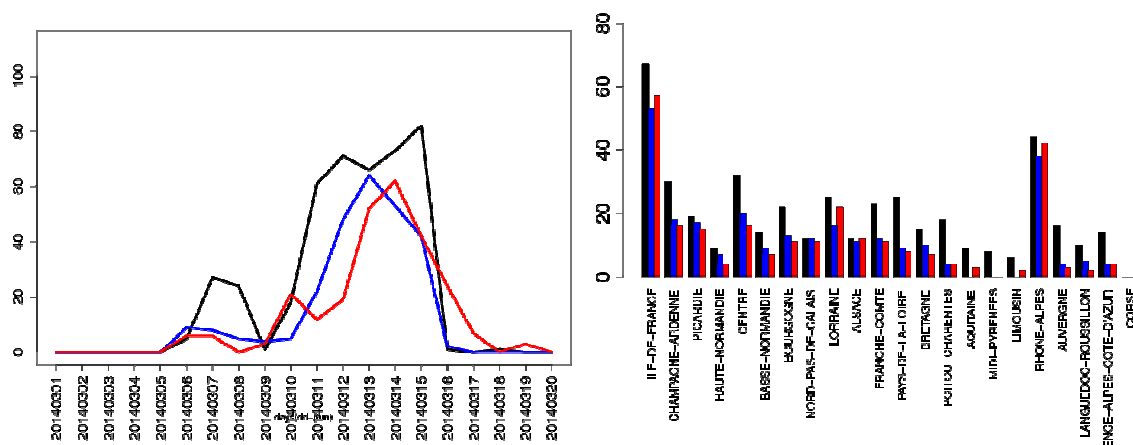


Figure 7 : A gauche, série temporelle du nombre de validations sur la France du critère départemental concernant la population (50000 habitants pour les départements de population totale inférieure à 500000 habitants ou 10 % de la population totale pour les autres départements, exposés à des concentrations au dessus du seuil de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) lors de l'épisode de particule du mois de mars 2014. A droite, le nombre cumulé par région de validations du critère départemental concernant la population sur la période du 1<sup>er</sup> au 20 mars 2014. En noir l'analyse (meilleur estimateur possible de la validation des critères) et en couleur les prévisions (bleu J+0 et rouge J+1).

Les figures 6 et 7 illustrent les performances obtenues lors de l'épisode du mois de mars 2014 pour le seuil de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Ce type d'évaluation a vocation à être produit systématiquement après chaque épisode, et sera mis à la disposition des utilisateurs du système. Un document annuel compilera ces performances.

Le dernier indicateur mis en place consiste à analyser la détection des épisodes de pollution en région réalisée par PREV'AIR-urgence en mode prévision par rapport aux remontées alimentant le module alerte, qui sont faites sur constat et sur prévision. La figure 8 fournit un exemple de cette évaluation réalisée sur l'épisode du mois de mars 2014 entre le 1<sup>er</sup> mars et le 20 mars pour plusieurs AASQA.



201403	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
AIRPARIF	X	X	X	X	SIR	SIR	SA	SIR	X	SIR	SA	SA	SA	SIR	SA	X	SIR	X	X	X	X
PREVAIR	X	X	X	X	X	SIR	X	X	X	X	SIR	SIR	SA	SA	SIR	X	X	SIR	X	X	X

201403	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
ATMO-NPDC	X	X	X	X	X	SIR	SIR	SIR	SIR	SIR	SA	SA	SA	SA	SA	SIR	X	X	X	X	X
PREVAIR	X	X	X	X	X	SIR	X	X	X	SIR	SIR	SIR	SA	SA	SIR	X	X	X	X	X	X

201403	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Airnormanc	X	X	X	X	X	SIR	SIR	X	SIR	SIR	SIR	SA	SA	SA	SA	X	X	X	X	X	X
PREVAIR	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	SIR	SIR	SIR	SA	X	X	X	X	X	X	X

Figure 8 : Exemple de comparaison entre les informations remontées dans le module alerte par les AASQA sur l'état de l'épisode de pollution (vert : pas d'épisode, orange : seuil d'information et recommandations et rouge : seuil d'alerte) et l'état prévu à J+0 d'après l'évaluation des critères de l'arrêté « Mesures d'urgence » fournie par PREV'AIR-Urgence. Attention, au mois de mars dernier, l'arrêté n'étant pas encore en vigueur, les informations des AASQA ne respectent pas les exigences de l'arrêté pour la déclaration de l'épisode.

## 5. CONCLUSIONS

Les services de PREV'AIR-Urgence sont en place depuis le début de l'année 2014. Ces services mettent à disposition des AASQA une évaluation quotidienne des critères définis dans cet arrêté pour la définition des épisodes de pollution. Ils s'appuient sur des méthodologies éprouvées depuis de nombreuses années dans PREV'AIR et dont les produits ont été raffinés et complétés pour les besoins de l'arrêté puisque toutes les données sont fournies sur un maillage national à 1 km de résolution et assorties d'une information relative à la précision de l'estimation spatiale.

Les évaluations des critères sont calculées chaque nuit pour être à disposition via des documents transmis sur les comptes utilisateurs du site PREV'AIR ([www.prevaair.org](http://www.prevaair.org)) au plus tard à 8 heures TU. Pour garantir ce service, une équipe d'astreinte PREV'AIR est active annuellement en 24/7 depuis cette année, ce qui renforce la qualité du service et l'assurance de la fourniture des informations. A ce jour, 17 AASQA sont abonnées à ce service.

Comme pour tout système de prévision, des indicateurs de performances ont été établis spécifiquement afin de réaliser un suivi des performances des évaluations des critères. Ces informations sont déclinées au niveau régional.

Ce service n'est pas figé et évolue au gré des échanges entre utilisateurs et développeurs du système. Des améliorations sont d'ores et déjà prévues pour l'année 2015 avec la mise en service d'une prévision à plus haute résolution comme support de l'évaluation des critères. Pour des raisons techniques, comme le mentionne la description des méthodes, les chaînes d'analyse et d'adaptation statistique de PREV'AIR et PREV'AIR-Urgence présentent actuellement quelques différences dans le choix des paramètres de calcul. La fusion de ces deux chaînes interviendra aussi en 2015 pour apporter plus de cohérence au système PREV'AIR dans son ensemble et garantir une même qualité de résultats entre PREV'AIR et PREV'AIR-Urgence. L'indicateur de suivi qui confronte les sorties de PREV'AIR-Urgence et les informations du module alerte est actuellement focalisé sur la prévision. Il sera renforcé par l'ajout de l'évaluation des critères issue de l'analyse qui fournit l'information la plus réaliste.

La communication sera également renforcée au travers du nouveau site web PREV'AIR qui hébergera un espace dédié à l'évaluation des critères de l'arrêté « Mesures d'urgence » ainsi

que des produits complémentaires comme des résultats de scénario ou encore le détail de la composition de l'aérosol.

## ANNEXE

Cette annexe présente succinctement les méthodologies utilisées pour l'analyse et l'adaptation statistique ( $O_3$  et  $PM_{10}$ ). L'analyse est décrite dans un rapport LCSQA (Malherbe et Ung, 2009<sup>3</sup>); l'adaptation statistique fera l'objet d'une note technique disponible au premier trimestre 2015.

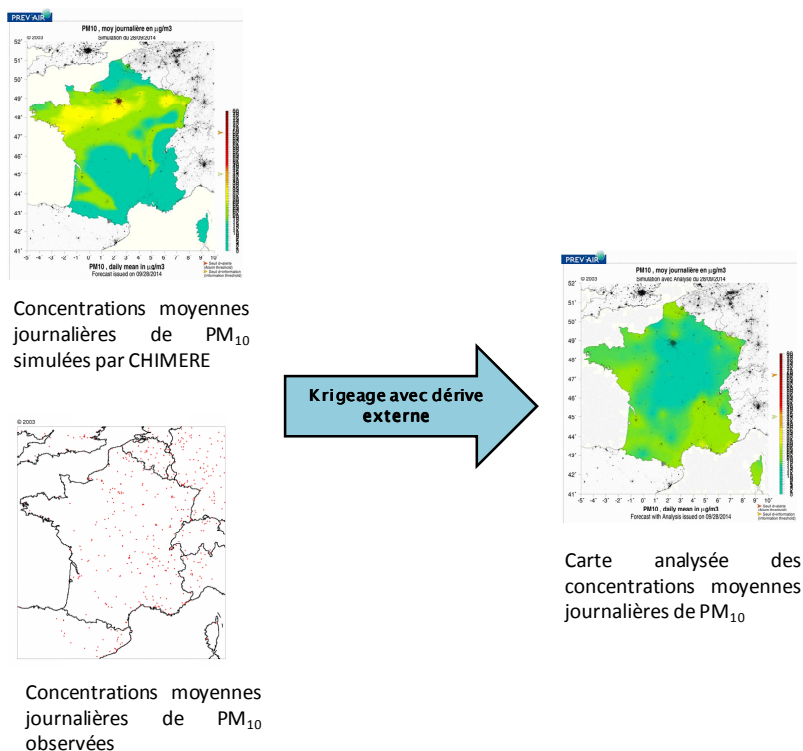
### Analyse

L'analyse consiste à combiner les données des mesures fixes avec les simulations issues du modèle CHIMERE. Cette combinaison s'effectue par krigeage des observations avec CHIMERE en dérive externe.

Dans le cadre opérationnel de PREV'AIR-Urgence sont utilisées:

- les observations en temps quasi-réel et non validées extraites de la base nationale (données françaises) et de la base gérée par l'Agence Européenne pour l'Environnement (données des autres pays européens). Sont considérées les stations rurales, périurbaines et urbaines de fond;
- les données de simulation (J-1) de la chaîne CHIMERE AFM.

Pour des raisons de temps de calcul, l'analyse est directement effectuée sur la moyenne et le pic journaliers et non heure par heure comme c'est actuellement le cas dans la filière principale de PREV'AIR.



**Figure 9: Illustration du principe de l'analyse. Exemple des  $PM_{10}$  en moyenne journalière (situation du 27/09/2014 estimée le 28/09/2014)**

<sup>3</sup> Malherbe L., Ung A., 2009. Travaux relatifs à la plate-forme nationale de modélisation PREV'AIR : Réalisation de cartes analysées d'ozone (2/2). Rapport LCSQA, [www.lcsqa.org](http://www.lcsqa.org).

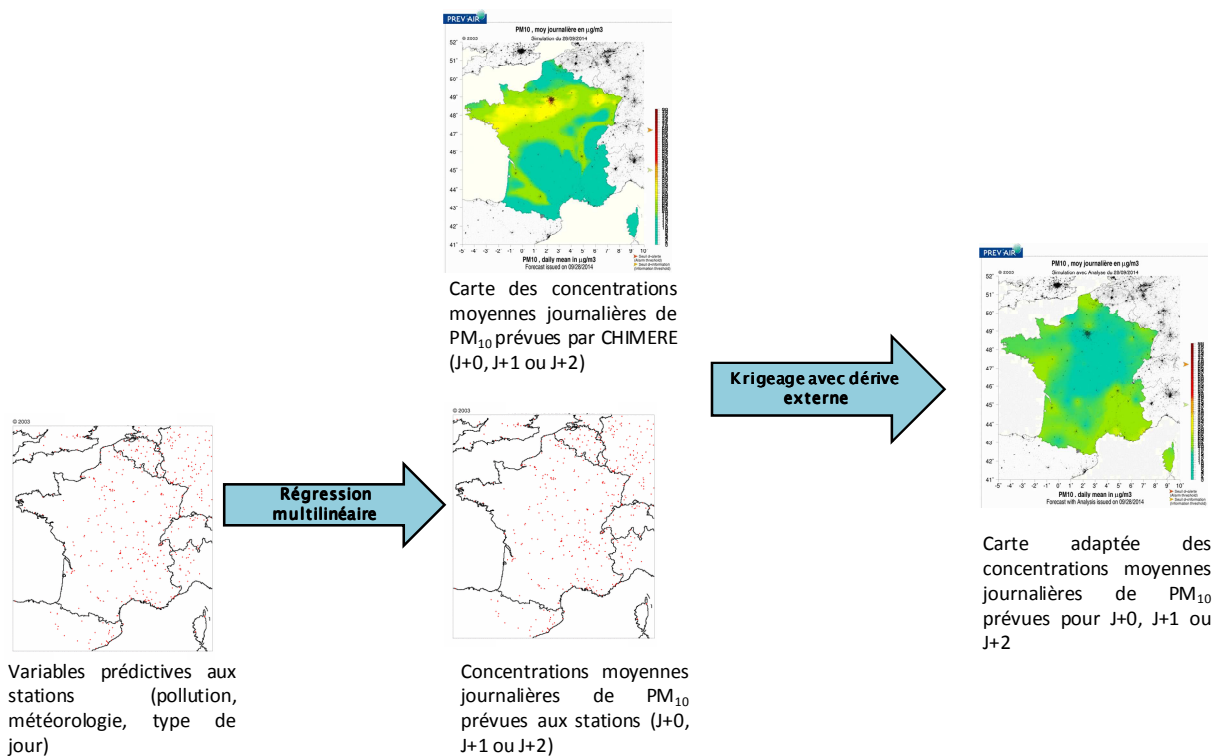
## Adaptation statistique

L'adaptation statistique obéit au même principe que l'analyse. Elle consiste à prévoir les concentrations aux stations puis à combiner par krigeage ces prévisions locales avec les prévisions spatialisées du modèle CHIMERE.

La prévision aux stations s'effectue par régression linéaire multiple, selon l'approche développée dans le projet CITEAIR II (Honoré et al., 2008<sup>4</sup>). Les modèles de régression sont construits pour chaque polluant, chaque station et chaque variable (concentration moyenne et maximale du jour) sur un historique d'apprentissage et évalués sur un historique de validation. Les variables explicatives considérées sont les mesures de la veille, les concentrations et variables météorologiques issues des prévisions CHIMERE et le type de jour.

Dans l'adaptation statistique, sont donc utilisées en entrée du krigeage:

- les concentrations journalières (moyenne et maximum) prévues statistiquement aux stations (J+0, J+1 et J+2);
- les prévisions (J+0, J+1, J+2) de CHIMERE AFM.



**Figure 10: Illustration du principe de l'adaptation statistique. Exemple des PM<sub>10</sub> en moyenne journalière (situation du 29/09/2014 prévue le 28/09/214)**

<sup>4</sup> Honoré C., Ung A., Corbet L., Malherbe L., 2008. CITEAIRII - Good Practice Guide on Urban Air Quality Forecast.

## Cartes de dépassement de seuil

A l'issue de l'analyse comme de l'adaptation statistique, l'écart-type de l'erreur de krigeage est utilisé, avec une hypothèse d'erreur gaussienne, pour estimer la probabilité de dépassement du seuil considéré (Beauchamp et Malherbe, 2012<sup>5</sup>). En considérant alors deux risques statistiques (Beauchamp et al., 2011<sup>6</sup>), celui de déclarer en dépassement un point de concentration inférieure au seuil (risque fixé à 34%) et celui de déclarer en non dépassement un point de concentration strictement supérieure au seuil (risque fixé par sécurité à 5%), trois zones sont alors délimitées:

- une zone de dépassement (en rouge)
- une zone dite de «non dépassement» (en vert)
- une zone d'indétermination où l'incertitude sur le résultat du krigeage ne permet pas de se prononcer (en orange)

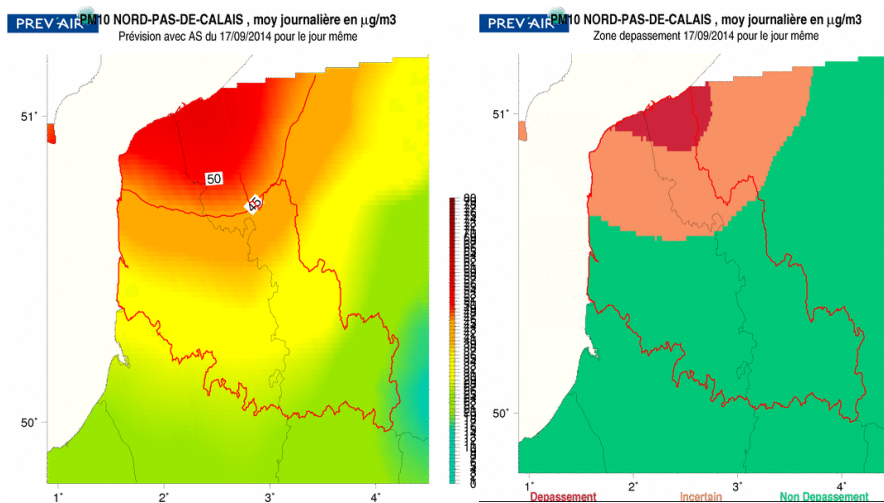


Figure 11: Exemple de cartographie fournie par région. A gauche: carte résultant de l'adaptation statistique, à droite: délimitation de trois types de zone en tenant compte de l'incertitude de l'estimation spatiale.

<sup>5</sup> Beauchamp M., Malherbe L., 2012. Cartographie nationale des dépassements de valeurs seuils réglementaires. Note technique LCSQA, [www.lcsqa.org](http://www.lcsqa.org).

<sup>6</sup> Beauchamp M., Malherbe L., Létinois L., 2011. Application de méthodes géostatistiques pour la détermination de zones de représentativité en concentration et la cartographie des dépassements de seuils. Rapport LCSQA, [www.lcsqa.org](http://www.lcsqa.org).